



**Universidad Nacional Mayor de San Marcos**

**Universidad del Perú. Decana de América**

**Facultad de Ingeniería Industrial**

**Escuela Profesional de Ingeniería Industrial**

**Aplicación de herramientas Lean en la ejecución de  
obras civiles para la instalación de estaciones base  
celular**

**TESINA**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

**AUTOR**

César Augusto CHÁVEZ SUELDO

**ASESOR**

Eulogio SANTOS DE LA CRUZ

Lima, Perú

2017



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

## Referencia bibliográfica

---

Chávez, C. (2017). *Aplicación de herramientas Lean en la ejecución de obras civiles para la instalación de estaciones base celular*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Industrial, Escuela Profesional de Ingeniería Industrial]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

---



## ACTA N°002-DAcad-FII-2017

### SUSTENTACIÓN DE TESINA PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL

El Jurado designado por la Facultad de Ingeniería Industrial, reunido en acto público en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Industrial, el día **Martes 10 de Enero de 2017**, a las 16:00 horas, dio inicio a la sustentación de la tesina:

#### "APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN EN LA EJECUCIÓN DE OBRAS CIVILES PARA LA INSTALACIÓN DE ESTACIONES BASE CELULAR"

Que presenta el Bachiller:

**CHAVEZ SUELDO CÉSAR AUGUSTO**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial en la Modalidad: **Perfeccionamiento Profesional**.

Luego de la exposición, absueltas las preguntas del Jurado y siendo las 5:45 pm. horas se procedió a la evaluación secreta, habiendo sido nombrado por unanimidad con la calificación promedio diez y siete, lo cual se comunicó públicamente.

Ciudad Universitaria, 10 de Enero de 2017

MG. SANDOVAL INCHÁUSTEGUI JULIO CESAR  
Presidente

ING. MEDINA SANCHEZ CARLOS LENIN  
Miembro

DR. SANTOS DE LA CRUZ EULOGIO GUILLERMO  
Asesor



A mi Norcita y mi Pa'Chico  
dedico este esfuerzo por dar contenido  
a la vida que me obsequiaron.

## **AGRADECIMIENTO**

Tener el apoyo incondicional de mis amigos Jorge Villavicencio y José Segura para hacerme participe de su admirable emprendimiento llamado MIMCO SAC, fue el principal aliciente para poder investigar y profundizar en la filosofía *Lean* y sus herramientas aplicadas en obras de construcción civil. A ellos mi principal agradecimiento. También reconocer y agradecer el atinado consejo técnico que obtuve de mis buenos amigos en el área de infraestructura de la empresa.

Agradecer a mi asesor Dr. Eulogio Santos por la orientación recibida en la ejecución de este trabajo.

Finalmente agradecer a mis hermanos Connie y Leonardo, quienes serán siempre apoyos firmes en el transcurrir de mi vida.

## INDICE GENERAL

INDICE DE CUADROS .....	IV
INDICE DE FIGURAS.....	VI
RESUMEN .....	IX
ABSTRACT .....	X
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.1 Formulación del Problema.....	4
1.2 Justificación del Problema. ....	4
1.3 Objetivos. ....	5
1.3.1. Objetivo General. ....	5
1.3.2. Objetivos específicos.....	5
1.4 Delimitación del tema de investigación.....	6
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1 <i>Lean Manufacturing</i> .....	8
2.1.1 Antecedentes <i>Lean Manufacturing</i> .....	9
2.1.2 Valor añadido en <i>Lean Manufacturing</i> . ....	11
2.1.3 <i>Muda</i> o despilfarro en <i>Lean Manufacturing</i> . ....	12
2.1.4 <i>Kaizen</i> o mejora continua en <i>Lean Manufacturing</i> . ....	14
2.2 <i>Lean Construction</i> . ....	17
2.2.1 Transformación-flujo-valor en <i>Lean Construction</i> .....	19

2.2.2 Sistema de Producción efectiva.....	22
2.2.3 Principios del <i>Lean Construction</i> . ....	25
2.3 <i>Integrated Project Delivery</i> . ....	26
2.4 <i>Lean Project Delivery System</i> .....	27
2.5 <i>Last Planner System</i> . Sistema del Último Planificador. ....	29
2.6 Sistemas de Planificación <i>Push y Pull</i> . ....	31
2.7 Niveles de Planificación. ....	34
2.7.1 Planificación Maestra ó <i>Master Plan</i> . ....	36
2.7.2 <i>Pull Session</i> : Planificación por fases. ....	37
2.7.3 Planificación Intermedia o <i>Lookahead Planning</i> . ....	39
2.7.4 Análisis de restricciones. ....	41
2.7.5 Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE).....	42
2.7.6 Programación Semanal o <i>Weekly Work Plan</i> .....	43
2.7.7 Porcentaje de Programa Cumplido o <i>Plan Percent Complete</i> (PPC) ... .....	45
2.7.8 Niveles de Productividad en la Construcción. ....	47
2.8 Principio de Pareto. ....	50
2.9 Buffers. ....	51
2.10 Sectorización. ....	52
2.11 Tren de actividades. ....	53
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>54</b>
3.1 Descripción de la empresa. ....	54

3.2 Causas de retraso en entregas de EBC de telecomunicaciones en la fase de construcción.....	56
3.3 Herramientas a aplicar.....	64
<b>CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>66</b>
4.1 Implementación del Módulo de Control de Producción del LPDS.....	66
4.2 Planificación Maestra. <i>Master Schedule</i> .....	69
4.3 <i>Pull Session</i> . Programación por fases.....	70
4.4 Planificación Intermedia. <i>Lookahead Plan</i> . ....	76
4.5 Análisis de Restricciones.....	77
4.6 Planificación semanal. <i>Weekly Work Plan</i> .....	80
4.7 Porcentaje del Plan Cumplido. <i>Plan Percent Complete</i> . (PPC) .....	84
4.8 Causas de no Cumplimiento. <i>Non Compliance Causes</i> . (CNC) .....	91
4.9 Aprendizaje en el <i>Last Planner System</i> .....	93
4.10 Cartas de Balance. ....	95
4.11 Aplicación de la Carta de Balance en partida crítica.....	96
4.11.1 Análisis de los flujos en partida crítica. ....	97
4.11.2 Mediciones en campo de niveles de actividad productivo.....	101
4.11.3 Análisis de resultados en carta balance de partida crítica.....	111
4.12 Acciones para minimizar los <i>muda</i> -despilfarros detectados en la partida crítica. ....	119
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>123</b>
5.1 Conclusiones.....	123

<b>5.2 Recomendaciones.....</b>	<b>125</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>127</b>

## **ANEXOS**

**Anexo A Planos Obra Civil EBC Cupisa.**

**Anexo B Reporte final de obra fotográfico.**

## **APÉNDICES**

**Apéndice A Cronograma Gantt c/recursos. Seguimiento Gantt.**

**Apéndice B Análisis de restricciones en *Last Planner System*.**

**Apéndice C Programación *Lookahead* en *Last Planner System*.**

**Apéndice D Programación semanal en *Last Planner System*.**

**Apéndice E Acciones de mejora.**

**Apéndice F Carta Balance. Mediciones obtenidas.**

## **INDICE DE CUADROS**

<b>CUADRO N° 3.1 Categoría adjudicación. Causas principales de retraso.</b>	
<b>Contramedidas.....</b>	<b>59</b>
<b>CUADRO N° 3.2 Categoría financiera. Causas principales de retraso.</b>	
<b>Contramedidas.....</b>	<b>60</b>
<b>CUADRO N° 3.3 Categoría planificación. Causas principales de retraso.</b>	
<b>Contramedidas.....</b>	<b>61</b>
<b>CUADRO N° 3.4 Categoría comunicación y coordinación. Causas principales de retraso. Contramedidas.....</b>	<b>62</b>

<b>CUADRO N° 3.5 Categoría medio ambiental. Causas principales de retraso.</b>	
<b>Contramedidas.....</b>	<b>63</b>
<b>CUADRO N° 4.1 Pautas a seguir en una <i>pull session</i>.....</b>	<b>73</b>
<b>CUADRO N° 4.2 Pull Session N°1, resumen principales compromisos y necesidades.....</b>	<b>74</b>
<b>CUADRO N° 4.3 Pull Session N°1, resumen principales compromisos y necesidades.....</b>	<b>75</b>
<b>CUADRO N° 4.4 Tipos de restricciones.....</b>	<b>79</b>
<b>CUADRO N° 4.5 Listado de restricciones en obras civiles para EBC.....</b>	<b>80</b>
<b>CUADRO N° 4.6 Porcentaje acumulado causas de no cumplimiento.....</b>	<b>93</b>
<b>CUADRO N° 4.7 Análisis costo unitario partida vaciado de concreto f'c 210 Kg/cm2 zapatas pedestales.....</b>	<b>99</b>
<b>CUADRO N° 4.8 Observaciones de actividad asignadas por tipo de trabajo.</b>	
<b>Cuadrilla mezclado de concreto zapatas pedestales.....</b>	<b>107</b>
<b>CUADRO N° 4.9 Observaciones de actividad asignadas por tipo de trabajo.</b>	
<b>Cuadrilla vaciado de concreto zapatas pedestales.....</b>	<b>108</b>
<b>CUADRO N° 4.10 Porcentaje del tiempo asignado al personal por tipo de trabajo. Cuadrilla mezclado de concreto zapatas pedestales.....</b>	<b>109</b>
<b>CUADRO N° 4.11 Porcentaje del tiempo asignado al personal por tipo de trabajo. Cuadrilla vaciado de concreto zapatas pedestales.....</b>	<b>110</b>
<b>CUADRO N° 4.12 Niveles de actividad y participación de los recursos observados en la cuadrilla de mezclado de concreto.....</b>	<b>111</b>
<b>CUADRO N° 4.13 Niveles de actividad y participación de los recursos observados en la cuadrilla de vaciado de concreto.....</b>	<b>112</b>

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 2.1 Casa del sistema de producción Toyota. Adaptación.....	16
FIGURA N° 2.2 Modelo de transformación convencional.....	19
FIGURA N° 2.3 Flujo en el modelo tradicional, puesta de ladrillo.....	20
FIGURA N° 2.4 Flujo en el modelo TFV, puesta de ladrillo.....	21
FIGURA N° 2.5 Matriz producto-proceso. Hayes-Whellwright.....	22
FIGURA N° 2.6 Relación entre eficiencia, efectividad y productividad.....	24
FIGURA N° 2.7 Modelo tradicional de ejecución de proyectos vs. Modelo integrado.....	26
FIGURA N° 2.8 <i>Lean project delivery system</i> .....	29
FIGURA N° 2.9 Tradicional sistema de planificación <i>push</i> .....	31
FIGURA N° 2.10 Sistema de planificación <i>pull</i> .....	32
FIGURA N° 2.11 Planificación usual.....	33
FIGURA N° 2.12 <i>Last planner system</i> .....	33
FIGURA N° 2.13 Esquema de procedimiento del <i>last planner system</i> .....	35
FIGURA N° 2.14 Cronología de las etapas del <i>last planner system</i> .....	39
FIGURA N° 2.15 Planificación intermedia. Formato.....	40
FIGURA N° 2.16 Programación semanal. Formato.....	44
FIGURA N° 2.17 Sumario del <i>last planner system</i> .....	46
FIGURA N° 2.18 Principio de Pareto.....	51
FIGURA N° 3.1 Causas principales de retrasos en la fase de construcción para entrega de obras civiles de EBC.....	57
FIGURA N° 4.1 Planificación Maestra.....	69
FIGURA N° 4.2 Formato <i>Lookahead</i> . Construcción cerco perimétrico. <i>Site</i> <i>Chugay</i> .....	77



<b>FIGURA N° 4.3 Formato análisis de restricciones. <i>Site Chugay</i>.....</b>	<b>78</b>
<b>FIGURA N° 4.4 Formato programación semanal de obra. <i>Site Cupisa</i>.....</b>	<b>82</b>
<b>FIGURA N° 4.5 Acciones de seguimiento y control semanal <i>last planner</i> <i>system</i>.....</b>	<b>83</b>
<b>FIGURA N° 4.6 PPC (%) semanal estación 1. <i>Site Cupisa</i>.....</b>	<b>85</b>
<b>FIGURA N° 4.7 PPC (%) semanal estación 2. <i>Site Chugay</i>.....</b>	<b>87</b>
<b>FIGURA N° 4.8 PPC (%) semanal y PPC (%) acumulado en el período de aplicación.....</b>	<b>89</b>
<b>FIGURA N° 4.9 Tendencia del PPC (%) semanal en el período de aplicación.....</b>	<b>90</b>
<b>FIGURA N° 4.10 Causas de no cumplimiento registradas.....</b>	<b>91</b>
<b>FIGURA N° 4.11 Causas de no cumplimiento. Diagrama de Pareto.....</b>	<b>92</b>
<b>FIGURA N° 4.12 Formato de aprendizaje.....</b>	<b>94</b>
<b>FIGURA N° 4.13 Aplicación método nomográfico para determinar el número de observaciones del muestreo de trabajo.....</b>	<b>102</b>
<b>FIGURA N° 4.14 Distribución de los trabajos en subproceso mezclado para concreto f'c 210 Kg/cm<sup>2</sup> zapatas pedestales.....</b>	<b>103</b>
<b>FIGURA N° 4.15 Distribución de los trabajos en subproceso vaciado de concreto f'c 210 Kg/cm<sup>2</sup> zapatas pedestales.....</b>	<b>104</b>
<b>FIGURA N° 4.16 Carta balance mezclado para concreto f'c 210 Kg/cm<sup>2</sup>. Formato para registro de datos en campo.....</b>	<b>105</b>
<b>FIGURA N° 4.17 Carta balance vaciado de concreto f'c 210 Kg/cm<sup>2</sup>. Formato para registro de datos en campo.....</b>	<b>106</b>
<b>FIGURA N° 4.18 Porcentaje de uso del tiempo por tipo de trabajo.....</b>	<b>109</b>
<b>FIGURA N° 4.19 Porcentaje de uso del tiempo por tipo de trabajo.....</b>	<b>110</b>

<b>FIGURA N° 4.20 Diagrama de Pareto de las actividades de flujo en subproceso mezclado de concreto.....</b>	<b>113</b>
<b>FIGURA N° 4.21 Diagrama de Pareto de las actividades de flujo en subproceso vaciado de concreto.....</b>	<b>115</b>
<b>FIGURA N° 4.22 Distribución del tiempo ocupado por tipo de trabajo en cuadrilla mezclado de concreto.....</b>	<b>118</b>
<b>FIGURA N° 4.23 Distribución del tiempo ocupado por tipo de trabajo en cuadrilla vaciado de concreto.....</b>	<b>119</b>

## RESUMEN

La gestión de los procesos constructivos de las estaciones base celular de telecomunicación rural que utiliza MIMCO S.A.C. y las empresas del sector en general, es causante de serios retrasos en obra. Estos procesos adolecen de planificaciones no fiables, variabilidad y baja productividad de los recursos. Este estudio se enfoca en gestionar la fase de ejecución de obra con herramientas propuestas por la filosofía *lean construction* o construcción sin pérdidas, con el propósito de añadir mayor valor en esta fase al optimizar las actividades productivas y minimizar las actividades de flujo. Así el sistema del último planificador, herramienta *lean* de planificación efectiva, además de reducir la variabilidad e incertidumbre en la fase y estabilizar el flujo continuo de las unidades de producción, permite identificar causas de no cumplimiento de las actividades programadas. Para evaluar la productividad de la mano de obra se aplicó la herramienta carta balance a una partida crítica de la obra, las mediciones de los niveles de actividad mostraron que las cuadrillas no superaban el 20% de trabajo productivo, al analizar las actividades de flujo contributivas y no contributivas se logra una propuesta real de mejora del proceso. Se aplicó el diagrama causa efecto para proponer contramedidas que minimicen los *muda*-despilfarro identificados como causas principales de retraso. Gestionar obras civiles con un enfoque *lean* que identifica reduce o elimina actividades de flujo que no contempla el modelo de construcción tradicional; posibilita excepcionales oportunidades de mejoramiento para el desempeño de los proyectos de construcción.

Palabras clave: construcción sin pérdidas, sistema del ultimo planificador, causas de no cumplimiento, carta balance, trabajo productivo.

## ABSTRACT

The management of the construction processes of cellular telecommunications base stations in rural areas used by MIMCO S.A.C. and companies in the sector in general, is causing serious delays in civil works. These processes suffer from unreliable schedules, variability and low resource productivity. This study focuses on managing the implementation phase of work with tools proposed by philosophy lean construction or construction without losses, in order to add more value at this stage to optimize productive activities and minimize flow activities. Thus, the last Planner system, lean tool of effective planning, as well as reduce the variability and uncertainty in phase and stabilize the continuous flow of production units, allows to identify causes of non-compliance of the programmed activities. To evaluate the productivity of the labor force the card balance tool was applied to a critical item of the work, measurements of the activity levels showed that crews did not exceed 20% of productive work, analyzing the contributory and non-contributory flow activities is achieved a real proposal for improving the process. Cause and effect diagram was applied to propose countermeasures that minimize the *muda*-waste identified as major causes of delays in civil works. Manage civil works with a focus lean that identifies reduces or eliminates flow activities that does not apply to the model of traditional construction; enables exceptional opportunities for improvement in the performance of construction projects.

Key words: lean construction, last planner system, non-compliance causes, balance chart, productive work.

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la infraestructura en telecomunicaciones es política prioritaria de todo estado, es un factor principal de integración y progreso de sus pueblos. El estado peruano a través del Ministerio de Transportes y Comunicaciones realiza contratos de concesión de telefonía móvil con empresas privadas con el fin de expandir el acceso de este servicio a zonas rurales alejadas, el beneficio de una mayor penetración del servicio de telefonía móvil e internet de banda ancha es clave para superar la pobreza y mejorar la calidad de vida de los pobladores del interior del país.

Las estaciones bases celulares (EBC) se instalan con equipos de telecomunicaciones de última generación para conectar redes 3G-4G, al servicio de millones de usuarios en el país, sin embargo los procesos constructivos de estas EBC usualmente, son planificados y ejecutados de la manera tradicional. Las obras civiles que se realizan en campo están fuertemente influenciadas por el ambiente físico en las que se sitúan estas obras, ubicadas generalmente en cumbres elevadas próximas a poblaciones rurales de difícil acceso, con diferentes tipos de clima, tipos de suelo, niveles de altitud, con tramos carrozables de acceso a los sitios que se hallan en pésimo estado o inexistentes y que dificultan la adecuada provisión de materiales e imposibilitan el uso de equipos modernos, condiciones que generan mucha incertidumbre y variabilidad en la productividad; estos hechos rutinarios son causantes de que con frecuencia no se cumplan los supuestos y actividades planificadas previas al inicio de obra. De ordinario se tiene un nivel bajo de productividad de la mano de obra, que se manifiesta por la poca especialización de los trabajadores en el sector construcción, quienes a

menudo son miembros de alguna subcontrata que ejecuta determinadas partidas de un proyecto y que no asumen el compromiso real por agregar valor al producto final. Las altas exigencias contractuales, que fija el Estado a los operadores autorizados de telefonía móvil, en términos de plazos y entregas de obra para estas EBC, influyen con frecuencia para que los responsables de la ejecución de obras decidan, de manera equivocada, desestimar el adecuado control de los aspectos de seguridad en el trabajo de campo, lo que provoca en ocasiones índices de accidentabilidad inaceptables. Las circunstancias citadas, la insuficiente planificación de los procesos constructivos de las EBC y la variabilidad de la productividad de su mano de obra son unos de los factores limitantes para incrementar la rapidez de la expansión en el Perú de los servicios de telefonía móvil.

La planificación y ejecución de proyectos de construcción en el Perú se halla en proceso de adaptación a las novísimas filosofías y metodologías de gestión que ya han causado impactantes avances en la industria manufacturera. Así dentro de las nuevas metodologías de construcción está la Filosofía *Lean Construction*, en adelante LC, que en el país es aplicada y difundida sólo por empresas de vanguardia, especialmente aquellas inmobiliarias dedicadas a la construcción de edificaciones urbanas. Esta filosofía aplicada como nuevo enfoque de gestión de producción logra entre otros fines hacer más eficientes las actividades de conversión que agregan valor, minimizando o eliminando aquellas actividades de flujo que no la generan, llamadas pérdidas. En consecuencia el empleo de las herramientas de planificación y control que propone esta filosofía *lean* se califican como necesarias para gestionar el tipo de construcción de este estudio. Así se utiliza el *Last Planner System* como

herramienta de planificación efectiva con el que se realiza el control de la obra, utilizando planes escalonados, compuesto por una planificación maestra, otra intermedia llamada *lookahead plan*, la que junto a un inventario de tareas ejecutables, que es el cúmulo de actividades liberadas de restricciones, finalmente permitirá realizar una programación semanal más confiable. Al utilizar estos planes de forma paulatina se detectan con anticipación las posibles causas de no cumplimiento de las actividades, lo que hace posible evitar que estas ocurran. De suceder actividades no completadas, entonces estas se determinan, se analizan con el objeto de aportar mejoras para posterior reducción de impactos. Se hace uso también de otras dos herramientas: “Sistema de información de niveles de actividad y Análisis de proceso”, basadas en el principio del Estudio de Trabajo. Al utilizar en conjunto el muestreo de trabajo y la categorización de las actividades de cada partida en trabajos productivos y no productivos, se desarrollan las Cartas Balance, eficaz herramienta que facilita la deducción de indicadores de niveles de actividad real y participación efectiva de los recursos observados de las diferentes cuadrillas. Se aplican además algunas herramientas de calidad, como diagramas causa efecto con las que se precisan las principales fuentes de retraso de obra, y curvas de Pareto para determinar aquellas actividades de flujo, generadoras de muda-despilfarro, que se deben priorizar para ser minimizadas o eliminadas, con el fin de reducir el trabajo no productivo en las partidas del proceso constructivo de una EBC.

## **CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Formulación del Problema.**

El Estado promueve con prioridad la expansión de la infraestructura en telecomunicaciones con el objetivo de asegurar una comunicación más productiva, eficiente, de calidad y mejor cobertura para el acceso de nuestra población a estos servicios. No obstante, las empresas dedicadas a la ejecución de obras civiles y montaje de estructuras metálicas para implementación de Estaciones Base Celular, en adelante EBC, en su mayoría, aplican procesos constructivos tradicionales e ineficientes en los que se tiene bajos niveles de productividad, de eficacia. Asimismo, estas empresas no cuentan con información sobre niveles de actividad, análisis de procesos, apropiados al sector, bien documentados, presentan excesiva cantidad de actividades sin valor añadido, mejoras y métodos obtenidos sin estandarizar, entre otras carencias, lo que les ocasiona serios retrasos en la capacidad de respuesta al cliente con las consecuentes penalidades y recortes de demanda.

### **1.2 Justificación del Problema.**

Muchas de las ineficiencias en la construcción de estas EBC se dan por



factores imputables a las fallas en los supuestos que sirven de base de las planificaciones de obra, los despilfarros, el bajo rendimiento de mano de obra. Las empresas privadas para las que se ha ejecutado supervisiones de obras civiles registran significativos incumplimientos en los plazos de entrega de obra, costos excesivos y baja productividad; por lo que urge mejorar estos procesos, minimizar las fuentes de pérdida de recursos, esfuerzos, tiempo. En efecto los responsables de ejecución de este tipo de edificación necesitan gestionar los procesos con el mínimo de incertidumbres en sus planificaciones, mejorar la calidad y productividad en las actividades, reducir costos y maximizar valor para el cliente.

### **1.3 Objetivos.**

#### **1.3.1. Objetivo General.**

- Implementar herramientas de la filosofía LC para la fase de ejecución que permita mejorar la productividad de la mano de obra y reducir la variabilidad e incertidumbre en el proceso constructivo de EBC de telecomunicación en zona rural del Perú.

#### **1.3.2. Objetivos específicos.**

- Identificar y proponer contramedidas a las causas principales de retraso en la fase de construcción de EBC de telecomunicación, para entrega oportuna de obras civiles en zona rural.
- Incrementar la fiabilidad y eficacia de las planificaciones de obra civil aplicando la principal herramienta de control de producción

que la metodología LC propone en la fase de ejecución, el *Last Planner System*.

- Establecer un procedimiento para determinar parámetros de productividad de la mano de obra a partir de la medición de los niveles de actividad en la ejecución de procesos constructivos de EBC de telecomunicación en zona rural.
- Proponer mejora a las actividades de flujo en una partida crítica del proceso constructivo, a partir del análisis de creación de valor LC y de los resultados de la medición de sus niveles de actividad.

#### **1.4 Delimitación del tema de investigación.**

El campo de acción que asume la empresa Metales Ingeniería y Construcción S.A.C. como contratista principal de los proyectos de construcción de EBC rurales en los que participa a través de su línea de negocios en infraestructura, obras civiles y montaje, no abarca todo el sistema de entrega de proyectos sino sólo comprende la etapa de construcción incluido el montaje de torre y demás estructuras metálicas. Así el presente estudio se limita al desarrollo de las herramientas LC aplicables a este contexto en EBC rurales edificadas en dos localidades, una ubicada en la sierra norte y otra en la sierra sur del Perú pertenecientes al Proyecto Canon propiedad de Claro durante un período de 13 semanas.

A partir de la propuesta de contramedidas para las causas de retraso en entregas de EBC que se realicen, se describirá y aplicará las herramientas que la filosofía lean Construction propone en la fase de planeamiento control y ejecución de proyectos de construcción. Se analizará una de las partidas

críticas para determinar su nivel de actividad productiva y poder determinar además nuevos parámetros de productividad para este tipo de construcción. Finalmente se realiza un planteamiento de solución para mejorar el desempeño en el proceso productivo de construcción de la partida crítica seleccionada.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 *Lean Manufacturing*

Actualmente las obras de edificación que se ejecutan en la industria de la construcción deben satisfacer exigencias de clientes que cada vez están mejor informados y conscientes de que son ellos los que determinan el valor de la obra; sus diferentes estilos de vida, hábitos y preferencias obligan a las empresas a ser más flexibles y adecuar sus productos a estos requerimientos. La industria manufacturera es la que mejor ha logrado satisfacer las exigencias de los clientes en su sector, el toyotismo o filosofía *lean manufacturing* es uno de los nuevos sistemas de gestión, que muchos investigadores de la industria de la construcción buscan adaptar.

A continuación se describirán de manera breve los sistemas de organización en la producción manufacturera que precedieron e influenciaron en el toyotismo e igualmente los principales criterios y principios del *lean manufacturing* que se utilizan en la filosofía LC.

### **2.1.1 Antecedentes *Lean Manufacturing***

El taylorismo sentó las bases de la administración científica y el principio de la división del trabajo a inicios del siglo XX. Instaba a generalizar los métodos aparentemente más eficaces para producir, eliminando tiempos y movimientos, interrupciones y disfunciones en los puestos de trabajo. Con el taylorismo se obtenía ganancias de productividad al conseguir mayor eficacia en cada operación. La oficina de métodos y tiempos implementaba procedimientos estandarizados que limitaban los tiempos ociosos de los operarios en planta (Rajadell Carreras & Sánchez García , 2010).

A fines de la década de los años veinte se generalizó el fordismo, el modo de producción en cadena que llevó a la práctica Henry Ford; fabricante de automóviles en Estados Unidos. Desarrolló una organización general del trabajo altamente especializada y reglamentada a través de cadenas de montaje, maquinaria especializada y un número elevado de trabajadores en plantilla (Rajadell Carreras & Sánchez García , 2010). En efecto, al hacer uso de los transportadores de materiales se eliminan los tiempos muertos del taller y con ello se logra una mayor efectividad de la jornada de trabajo. Se reduce el trabajo complejo al fragmentar al máximo las operaciones en la ejecución. La producción de partes estandarizadas y en grandes cantidades se convierte en la norma, el resultado es una mayor producción, los salarios altos, la expansión del mercado, la producción en masa y una combinación de aumento de productividad y de intensidad de trabajo (Ibarra Gómez, 2011).

El fordismo significó un impresionante impulso para el desarrollo de técnicas y métodos de producción que permitieron la aparición de

empresas integradas y altamente productivas que aprovecharon las ventajas de la división del trabajo y las economías de escala; pero posteriormente nuevos sistemas de producción evidenciaron la rigidez de la estructura burocrática de la producción en masa la cual ocasionó que la productividad en las empresas disminuyera y el capital fijo per cápita se elevara, lo que entrañó una disminución de los niveles de rentabilidad y competitividad (Rajadell Carreras & Sánchez García , 2010).

Luego de la segunda guerra mundial los japoneses conscientes de que el fordismo era inaplicable a sus nuevas condiciones de mercado, enfrentaron el reto de lograr beneficios de productividad sin recurrir a economías de escala y la estandarización fordista. Así, su principal empresa automotriz, Toyota Motor Company, introdujo en las décadas posteriores innovaciones exitosas a su modelo de producción que se sustentaron en el principio de fábrica mínima, el que propugna la reducción, entre otros, de existencias, materiales, equipos, espacio y se complementa con el principio de fábrica flexible, respaldada en el logro de un flujo continuo de las operaciones de fabricación y respuesta rápida a la demanda, dando estructura al nuevo sistema *lean manufacturing* o producción ajustada (Rajadell Carreras & Sánchez García , 2010).

Por otra parte el toyotismo modela esta fábrica mínima con personal reducido y flexible, que se adapte y produzca a partir de pedidos efectivos hechos a fabrica, en los que el suministro *just in time* de los materiales abastecidos por proveedores confiables, transparentes, y comprometidos con la visión de la empresa, permite fabricar productos diferenciados y

variados en bajas cantidades, y no propiciar la fabricación masiva de unos pocos productos estándar (Hoffmann, 2012).

La filosofía *lean manufacturing*, pone en relieve la importante participación de los empleados de todo nivel en las decisiones que se relacionan con la producción, de manera que con su intervención al aportar sugerencias de mejora se facilita la vía para obtener la calidad total o requisitos que el cliente valora (Rajadell Carreras & Sánchez García , 2010).

### **2.1.2 Valor añadido en *Lean Manufacturing*.**

Toda organización debe conocer cuáles son sus procesos clave, es decir aquellos que añaden valor al cliente. En sentido estricto un proceso industrial añade valor únicamente durante el tiempo en que modifica la forma o las propiedades del producto para lograr los requerimientos que el cliente valora. Este valor añadido puede ser aportado por la máquina o el operario (Madariaga Neto, 2013) .

Las empresas usan de manera convencional los indicadores de productividad como medida clave del rendimiento de sus procesos, pero si las mediciones se realizan sobre lo que se hace, sin plantearse si está o no bien hecho si tiene o no “valor”, es muy probable que las cifras camuflen todo el potencial de mejora de competitividad y costos del sistema. En el enfoque *lean* el valor se añade cuando todas las actividades tienen el único objetivo de transformar las materias primas desde el estado en que se han recibido a otro de superior acabado que algún cliente final esté dispuesto a comprar (...) el valor añadido es lo

que realmente mantiene vivo el negocio, su cuidado y mejora debe ser la principal ocupación de todo el personal de la cadena productiva. (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013, pág. 21)

En un entorno *lean* se define “despilfarro” como todo aquello que no añade valor al producto o que no es absolutamente esencial para fabricarlo. Sin embargo cuando se identifica una operación o proceso como desperdicio, al no añadir valor, no debe determinarse su inmediata eliminación, debido a que existen actividades necesarias para el sistema o proceso aunque no tengan un valor añadido. En este caso estos despilfarros tendrán que ser asumidos. Una vez identificados los procesos clave, se medirá la eficiencia del desempeño (Madariaga Neto, 2013).

Así se presentaran dos tipos de procesos o actividades sin valor: actividades o procesos sin valor añadido para el cliente pero necesarias y actividades o procesos sin valor añadido para el cliente e innecesarios (Martí Ogayar & Torrubiano Galante, 2013).

### **2.1.3 Muda o despilfarro en Lean Manufacturing.**

Se entiende por *muda*-despilfarro a cualquier actividad desarrollada por una empresa que consume recursos, espacio, tiempo, talentos del personal y que no aporta valor para el cliente, es decir, no contribuye a satisfacer las necesidades del cliente. Los *muda*-despilfarros son los elementos que lastran a la organización y la incapacitan para competir en el mercado, por ello la metodología *lean* adopta una sistemática detección y eliminación de los muda despilfarro que existan en el proceso o en la organización (Martí Ogayar & Torrubiano Galante, 2013).



Hay siete tipos básicos de despilfarros que se pueden detectar e identificar en toda organización el octavo pertenece al ámbito de los recursos humanos:

1. **Sobreproducción:** Procesar artículos más temprano o en mayor cantidad que la requerida por el cliente. Se considera como el principal despilfarro y la causa de la mayoría de los otros despilfarros.
2. **Tiempo de esperas:** Tiempos de paro del operario por vigilar la máquina, recepcionar material, información que solo provocan que el flujo se detenga.
3. **Transporte:** Conciérne a todos aquellos transportes innecesarios para apilar, acumular, desplazar materiales, trabajo en proceso o terminados.
4. **Sobre-procesos:** Proceso más allá del estándar requerido por el cliente o procesos ineficientes, inútiles aceptados tradicionalmente.
5. **Inventario o existencias:** aumentan los costos por área, administración, se pueden volver obsoletos, se pierde flexibilidad del proceso.
6. **Movimientos:** Son movimientos improductivos, que no dan valor al proceso; exceden en lentitud o rapidez. También son posiciones o acciones innecesarias o incómodas en los trabajadores.
7. **Defectos:** Se asocia a los costes que suponen estos defectos en el producto o el servicio: inspecciones, reparaciones, defectos, etc.
8. **Competencias:** No aprovechar la creatividad e inteligencia de los colaboradores, sus destrezas y potencial para eliminar desperdicios,

mejorar la productividad, resolver problemas de calidad e innovar. Cuando se localiza un despilfarro se idean las medidas oportunas para corregirlo y prevenirlo en el futuro, quedando un nuevo proceso más eficiente, de menor costo y/o mayor capacidad (Ahuja Sánchez, 2015).

#### **2.1.4 *Kaizen o mejora continua en Lean Manufacturing.***

*Kaizen* significa “cambio para mejorar”. *Kaizen* estimula e implica al personal de la empresa, en todos los niveles y unidades de producción, a utilizar sus destrezas y raciocinio con el fin de crear pequeñas innovaciones o mejoras en la calidad de los procesos, progresivamente, paso a paso, reducir costos, garantizar cero defectos en los productos finales, y entregar al cliente la cantidad justa en el plazo fijado. Esta cualidad de evolucionar y obtener un método mejor sostenidamente lleva apareada una manera de dirigir las empresas que implica una cultura de cambio constante, que es a lo que se refiere la denominación de mejora continua (Alarcon, 1997).

Los antecedentes de la mejora continua se hallan en los aportes de Edgard Deming y Joseph Juran en materia de calidad y control estadístico de procesos, punto de partida para los nuevos planteamientos que realizaron Kaoru Ishikawa, Masaaki Imai, Shigeo Shingo y Taaki Ohno, quienes incidieron en la importancia de la participación de los operarios en equipos de trabajo, enfocados en resolver problemas y en potenciar la responsabilidad personal. A partir de estas iniciativas, *kaizen* se consideró como elemento clave para la competitividad y el éxito de las empresas japonesas (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013) .

Cuando llega un momento en que los incrementos derivados de la introducción de mejoras son poco significativos, debe producirse una inversión en técnicas de reingeniería o cambiar la tecnología utilizada hacia la modernización de equipos y/o su automatización. (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013)

Al fusionar el *Lean manufacturing* a través de *kaizen* y el ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) definido por Deming, que disciplina la búsqueda de mejora, se logra obtener un ciclo de mejora sistemático, que elimina la aleatoriedad que ocurriría si las observaciones de mejora fueran responsabilidad de alguna área de desarrollo y mejora en la empresa (Martí Ogayar & Torrubiano Galante, 2013).

En principio, para poder implementar *kaizen* en una organización es preciso que esta adopte los fundamentos de disciplina y constancia inherentes al espíritu japonés. Luego se podrá desplegar su metodología, es conveniente que el tema al que se aplique *kaizen* esté acorde al desarrollo de alguno de los objetivos de la empresa y ser elegido por su gerencia. Luego se debe formar equipos de trabajo multidisciplinarios en los que el líder seleccionará a elementos idóneos de diferentes áreas con referencia al problema a atacar. El trabajo en equipo permitirá recolectar y analizar datos para determinar las causas posibles del problema. Se definirán las causas críticas del problema al utilizar un diagrama de Ishikawa, el equipo se enfocará en ellas, obtendrá más datos y elaborará Paretos de cada una para seguir desglosando la información hasta alcanzar mayor detalle e implementar pronto la mejora. En este momento el equipo deberá ejecutar el *Genchi Gembutsu* que no es sino acudir al área física, a

la fuente para observar los hechos y tomar las decisiones correctas se hacen consensos y se alcanzan metas a la mejor velocidad posible. Así, el equipo adicionará los aspectos que sólo pueden ser observados en el lugar físico donde se ejecutan las tareas que son causas críticas del problema. Además, al vivenciar el lugar se podrá recabar los comentarios de los trabajadores del área acerca del problema; de esta manera el equipo de trabajo se hallará apto para proponer un plan de contramedidas, con fechas y responsables de la implementación, que mitigará o eliminará el impacto de las causas críticas halladas del problema. El equipo hará un seguimiento y luego de asegurarse el control del problema en el tiempo, se estandarizará y expandirá las mejoras implementadas (Miller, Wroblewski, & Villafuerte, 2014).

Es usual explicar el sistema de producción Toyota a través de la representación del sistema estructural de una casa y su secuencia de edificación, en la que se entiende que sólo es posible lograr las metas, que se ubican simbólicamente en el techo, si es que inicialmente se ha ejecutado una correcta cimentación que permita construir los pilares de manera perdurable, véase figura 2.1.

Estas estructuras conformadas por las principales técnicas lean reconocidas son aplicables a diferentes organizaciones, las que sin embargo, en función de sus características, mercado, personal y objetivos, tanto a corto como a mediano plazo, deben elaborar un plan de implantación, paso a paso, incluyendo aquellas técnicas lean adicionales apropiadas para el mejor desarrollo de sus procesos (Hernández Matías & Vizán Idoipe, 2013).

**FIGURA N° 2.1 Casa del sistema de producción Toyota. Adaptación.**



Fuente. Genpart consulting, 2015.

## 2.2 Lean Construction.

Al comenzar la década de los 90, el proceso de manufactura *Toyota Production System* se había desarrollado como una nueva filosofía, *Lean Manufacturing*, conocida también con las denominaciones de “producción sin pérdidas”, “producción ajustada”, o “producción esbelta”.

Koskela, a partir del año 1992 puso las bases para aplicar la producción sin pérdidas a la construcción, luego de analizar los sistemas productivos alternativos existentes tales como: *just in time*, ingeniería concurrente, gestión de la calidad total y reingeniería de procesos, así como las ideas implementadas al proceso productivo en Toyota. En su trabajo “Aplicación de la nueva filosofía de producción a la construcción”, producido como

investigación en la Universidad de Stanford; sostiene que la construcción tradicional posee una mala concepción de su sistema de producción, la que es vista sólo como un modelo de transformación y que se basa en proyectos con gran incertidumbre en la planificación. Por ello la producción debía ser mejorada con la eliminación de los flujos innecesarios de materiales y haciendo más eficientes las actividades de conversión (Porras, Sanchez Rivera, & Galvis Guerra, 2014).

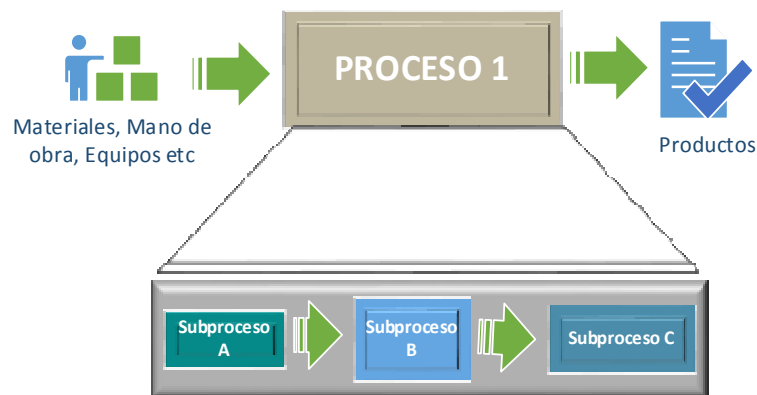
Glenn Ballard y Laury Koskela iniciaron trabajos en conjunto para adaptar los principios de la producción sin pérdidas al sector constructivo, como efecto de ello fundaron el *International Group Lean Construction*. En la primera conferencia sobre sistemas de gestión de proyectos de construcción en 1993 en Helsinki- Finlandia, se usó por primera vez, la expresión *Lean Construction* (LC) para referirse a la implementación de la nueva filosofía de producción en el sector constructivo. Con el objeto de desarrollar y difundir nuevos conocimientos en la gestión de proyectos *Lean*, Glenn Ballard y Greg Howell crearon el *Lean Construction Institute* (ILC) en 1997. Ballard fue el pionero en el desarrollo del *Last Planner System* o Sistema del Último Planificador (Porras, Sanchez Rivera, & Galvis Guerra, 2014)

El ILC define a LC como una filosofía que se orienta hacia la administración de la producción en construcción y su objetivo principal es reducir o eliminar las actividades que no agregan valor al proyecto y optimizar las actividades, procesos o etapas del proyecto que sí lo hacen, por ello se enfoca principalmente en crear herramientas específicas aplicadas al proceso de ejecución del proyecto y un buen sistema de producción que minimice los residuos (Pons Achell J. , 2014).

### 2.2.1 Transformación-flujo-valor en *Lean Construction*.

Se conceptúa a la construcción como un proceso de producción dentro del cual materias primas (entradas) son convertidas o transformadas en productos (salidas), respondiendo a un modelo de producción conocido como “Modelo de Transformación”<sup>1</sup>.

**FIGURA N° 2.2 Modelo de transformación convencional. Referencia Koskela 1**



*Fuente. Koskela, 1992.*

El pensamiento tradicional en la construcción se centra en las actividades de transformación y no tiene en cuenta el flujo de los recursos como fuente generadora para adicionar valor a los productos que se obtienen en cada proceso. En los procesos constructivos habituales no se hace diferencia entre las actividades de transformación, es decir las que añaden valor<sup>2</sup>, tales como vaciado de concreto para zapatas de torre, instalación de pernos de anclaje, etc.; de las actividades de flujo, o sea

<sup>1</sup> Llamado también “Modelo de Conversión”

<sup>2</sup> Actividades que transforman un material y/o información en un producto que considera los requerimientos del cliente.

aquellas que no añaden valor<sup>3</sup>, tales como esperas, movimientos de materiales, inspecciones, demoras. El modelo no considera el impacto que ocasiona en el producto final la variabilidad de los resultados, los trabajos rehechos, la incertidumbre, o la mala calidad de los recursos usados (Alarcon, 1997).

El objetivo de LC es optimizar las transformaciones minimizando o eliminando los flujos que los materiales deben seguir hacia los lugares de ejecución de los trabajos de obra, para así obtener más valor en los productos finales (Porrás, Sanchez Rivera, & Galvis Guerra, 2014).

Así se tiene que para la actividad de construcción de un muro, los ladrillos unidos con mortero se transforman en metros cuadrados de muro, el flujo consiste en poner en sitio de área de trabajo los materiales y recursos necesarios para edificar el muro y el valor sería lo que el cliente

**FIGURA N° 2.3 Flujo en el modelo tradicional, puesta de ladrillo.**



*Fuente.* Orihuela, 2014.

consideraría como producto, es decir metros cuadrados de muro en un determinado tiempo. En las Figuras N° 2.3 y N° 2.4 se grafican los flujos que se aplican a esta actividad en el modelo de producción tradicional y en el modelo de transformación-flujo-valor (TFV).

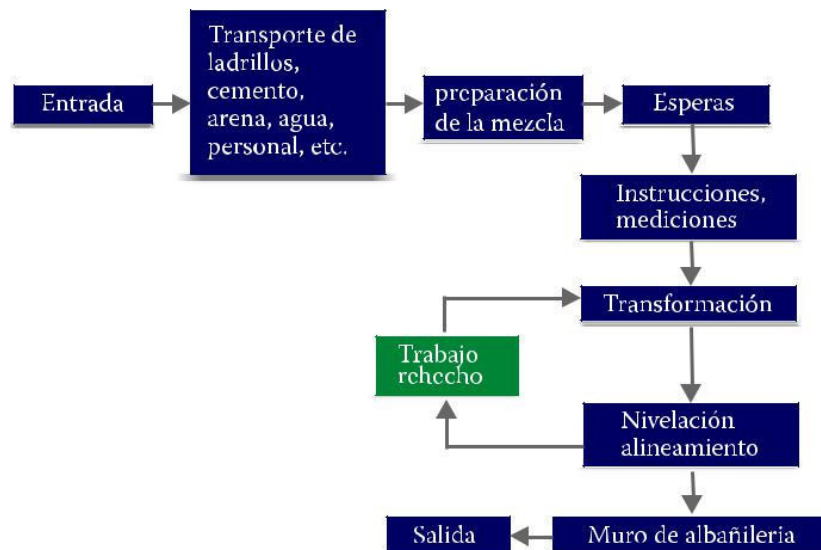
---

<sup>3</sup> Actividades que producen un costo, ya sea directo o indirecto pero no agregan valor ni avance en los procesos.



La creación de valor en la construcción, como en la fabricación, requiere la transformación de materiales. A diferencia de la fabricación, existen siete flujos requeridos, que deben reunirse con la mano de obra para posibilitar que las transformaciones de construcción fluyan, estos son los que siguen: personal, información, equipamiento, materiales, tareas precedentes, espacio seguro y entorno de trabajo seguro. Si uno cualquiera de los siete se interrumpe o queda fuera de secuencia el valor no puede ser creado (Mossman, 2010).

**FIGURA N° 2.4 Flujo en el modelo TFCV, puesta de ladrillo.**



*Fuente.* Orihuela, 2014.

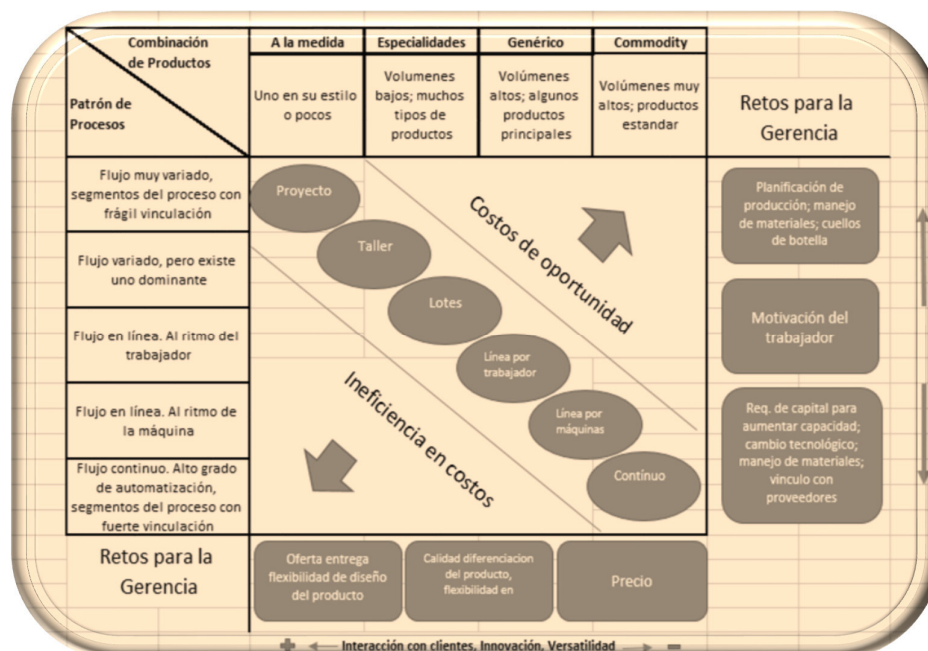
Esto también se aplica en proyectos donde los sub-ensambles se procesan fuera del sitio donde se ubica la obra. El valor es solamente creado cuando se añaden los sub-ensambles a la estructura en el sitio.

## 2.2.2 Sistema de Producción efectiva.

Aun cuando el mundo de la construcción ha adoptado herramientas de alta tecnología, todavía se gestionan los proyectos de la misma manera que siempre se han hecho en los últimos decenios, y todavía se continua obteniendo los mismos pobres resultados. Menos del 30 por ciento de los proyectos se entregan a tiempo, dentro del presupuesto, y dentro de las especificaciones. Las respuestas a la mejora de la productividad de la construcción no se encuentran en más software o tecnología. (Ade, 2014)

La matriz producto-proceso es una representación gráfica creada por Hayes y Wheelwright (1984), en la que se establece una clasificación de los procesos productivos, desde volúmenes bajos de producción con elevada flexibilidad, hacia grandes volúmenes muy estandarizados.

**FIGURA N° 2.5 Matriz producto-proceso creada por Hayes-Whellwright.**



Fuente. Mesa, 2011.

La construcción se caracteriza por ser un proceso, cuya producción y gestión está basada en proyectos. Los proyectos de construcción cumplen con varias de las características que deben corresponderle según Hayes y Whellwright, son procesos con productos únicos en su estilo, mucha flexibilidad, flujos muy variados, costos fijos bajos, pequeños volúmenes de producción, maquinaria de propósito general, elevados costos variables unitarios, poca automatización y una utilización intensiva del factor trabajo.

Como sucede en el caso en estudio, los proyectos de construcción para estaciones de telecomunicaciones tienen bastante semejanza en sus procesos pero difieren unos de otros, porque se ejecutan en ambientes inciertos, con variedad de subcontratistas quienes intervienen en cada una de sus etapas, con diversos intereses y procedimientos, sin depurar su forma de trabajo, sin voluntad de trabajo en equipo, y sin afán de mejorar continuamente.

Si se desea desarrollar un sistema de producción competitivo no es suficiente ser eficientes y realizar bien los procesos, es necesario dar un paso más, ser efectivos, es decir disminuir la variabilidad existente de las actividades que se repiten dentro de cada proceso; para que de este modo el sistema se califique como de alta productividad y pueda asegurar la competitividad de sus productos en el mercado (Serpell & Alarcon, 2003).

La filosofía LC y la aplicación apropiada de sus herramientas permiten generar un sistema de construcción efectivo que puede dar solución a problemas actuales en cuanto a plazo de entrega, costo y baja productividad en las obras.

**FIGURA N° 2.6 Relación entre eficiencia, efectividad y productividad.**



*Fuente.* Serpell & Alarcon, 2003.

Según Guzmán Tejada (2014) LC propone algunos objetivos básicos que deben plasmarse secuencialmente:

- **Asegurar que los flujos no paren.**- Con este objetivo se consigue la continuidad de los procesos, se detectan los desperdicios y se evidencian las capacidades diferentes de cada proceso y flujo. Para el logro de este objetivo LC propone el empleo del Sistema *Last Planner* y complementarlo con el uso de *buffers*, con el propósito de reducir aún más la variabilidad y afirmar las bases para mejorar la efectividad en las obras de construcción.
- **Lograr flujos eficientes.**- Es decir descubrir el proceso que contiene mayores restricciones para incrementar la velocidad de flujo del sistema, este proceso determina la capacidad de producción y la posibilidad de balancear adecuadamente flujos y procesos. El Tren de actividades es la herramienta LC a utilizar para este objetivo.
- **Lograr procesos eficientes.**- Objetivo que permite tener recursos y procesos balanceados, con flujos continuos, con fuentes de desperdicio minimizadas o eliminadas, es decir procesos y flujos

eficientes. Las “cartas de balance” y el “nivel general de actividad” son las herramientas LC a utilizar, estas a su vez generan indicadores referenciales importantes que servirán para optimizar cada proceso, asimismo se logrará mejorar la productividad como consecuencia de un sistema de producción eficiente, efectivo y competitivo.

### **2.2.3 Principios del *Lean Construction*.**

La nueva filosofía LC propone los siguientes principios:

- Reducir las actividades que no agregan valor al producto. (Pérdidas)
- Incrementar el valor del producto a través de la consideración sistemática de los requerimientos del cliente.
- Reducir la variabilidad.
- Reducir el tiempo del ciclo.
- Simplificar mediante minimización de los pasos, las partes y relaciones.
- Aumentar la flexibilidad de salida. (Producto terminado).
- Incrementar la transparencia en los procesos.
- Enfocar el Control en los procesos globales o completos.
- Introducir el mejoramiento continuo de los procesos. (Kaizen)
- Balancear el mejoramiento del flujo con el mejoramiento de la conversión.
- Referenciar permanentemente los procesos. (*Benchmarking*).

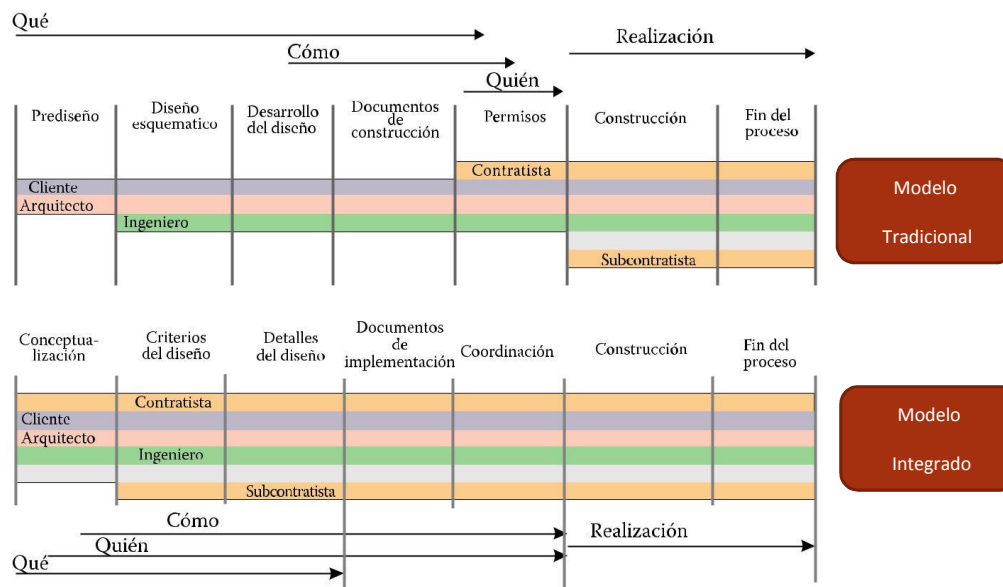
Así, en este trabajo es relevante el uso de los principios de flexibilidad de la salida del producto y simplificación de los pasos, cuando se incide en el empleo y entrenamiento de cuadrillas polivalentes, de modo que puedan

realizar varias tareas en la jornada y reducir sus tiempos de ciclo. Este estudio no se apoya en la sectorización para la reducción de tiempos improductivos debido a que el proceso constructivo de una EBC no tiene muchos elementos repetidos o en serie tal como si ocurre en las viviendas masivas en los que sí es aconsejable cuadrillas monovalentes y altamente especializadas.

### 2.3 *Integrated Project Delivery*<sup>4</sup>.

El modelo *Integrated Project Delivery* (IPD) y la filosofía LC tienen el mismo propósito, maximizar el valor para el propietario. La primera acción a seguir que sugiere el modelo IPD en su metodología es la de realizar una reunión inicial del propietario con todos los participantes de las diferentes etapas del

**FIGURA N° 2.7 Modelo tradicional de ejecución de proyectos vs. Modelo integrado.**



Fuente. <https://innovatechbuild.com/category/construction/>.

<sup>4</sup> Entrega de proyecto integrado

proyecto de construcción y proporcionar incentivos para la colaboración en todas las etapas del proceso, desde las iniciales fases de diseño hasta el proceso de acabado del proyecto; a diferencia de los otros métodos tradicionales de entrega (diseño-licitación-construcción y de diseño-construcción) el papel de los propietarios y la implicación de estos en el proyecto es de vital importancia (Alkhalid, 2011).

El modelo IPD pretende solucionar la falta de cooperación entre las partes que intervienen en el proyecto y cambiar las actitudes de individualismo, conflicto de intereses personales que generan ineficiencias, pérdidas y obstáculos para crear valor, tal como se aprecia en la Figura N° 2.7, para implementar el modelo IPD todos los participantes en el proyecto deben mostrar apertura y disposición para compartir toda la información posible en todas sus fases. Además, es importante que las partes en el proyecto acuerden ejecutar los nueve principios fundamentales de IPD los cuales son, el respeto mutuo y la confianza, la recompensa y riesgo compartido, la innovación colaborativa y toma de decisiones, el involucramiento en la fase inicial de los participantes clave, temprana definición de metas, planificación incrementada, la comunicación abierta y mejorada, tecnología apropiada, y la organización virtual y el liderazgo (Alkhalid, 2011)

#### **2.4 *Lean Project Delivery System.***

En la procura de adaptar los principios subyacentes de la filosofía *Lean Production* a la industria de la construcción y hacerlos operativos, Glenn Ballard (2000) desarrolló un nuevo modelo de gestión de proyectos, cuya

misión es desarrollar el mejor camino posible para diseñar y construir infraestructuras. Este modelo denominado "*Lean Project Delivery System*" (LPDS) o sistema de entrega de proyectos *Lean*, es un marco conceptual que orienta la ejecución de la construcción sin pérdidas en los sistemas de producción basados en proyectos, el cual comprende no solo la parte constructiva de un proyecto sino todo su ciclo de vida, es decir desde la fase de definición del proyecto hasta la fase de evaluación post-ocupación (Abdelhamid, 2013).

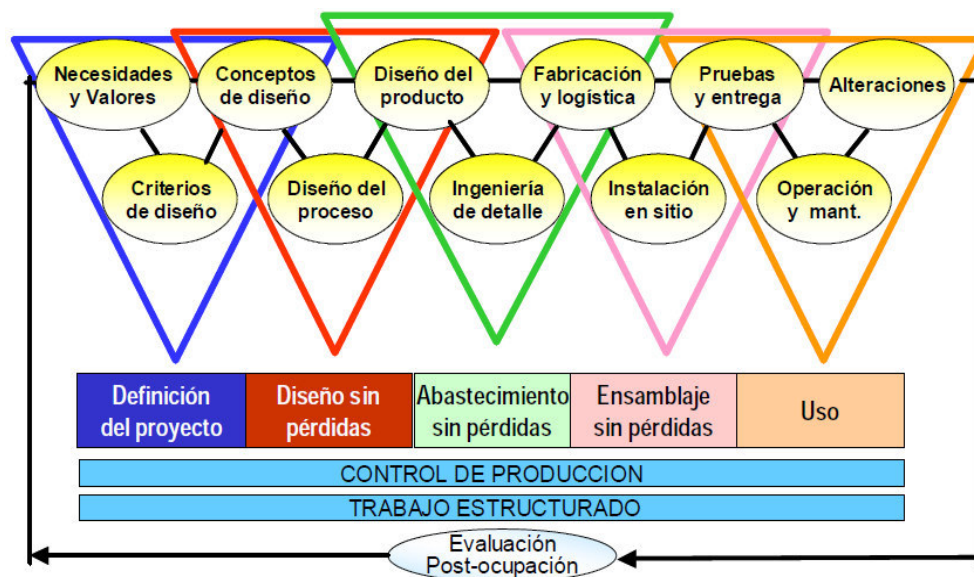
El LPDS toma lo mejor de *Integrated Project Delivery* y *Lean Construction* (Porras, Sanchez Rivera, & Galvis Guerra, 2014).

Como se muestra en la Figura N° 2.8, LPDS se representa como una serie de 5 tríadas o fases que se solapan, en ellas se organizan 11 módulos diferentes que deben ser completados. Las fases se interconectan entre sí para definir la interrelación de cada fase con las colindantes, además de un módulo de control de producción y uno de estructuración del trabajo, los cuales fueron ideadas para extenderse a través de todas las fases del proyecto, así como el módulo de evaluación post-ocupación que enlaza el final de un proyecto con el inicio de otro. Todas estas fases y módulos hacen uso de conceptos y técnicas que se destinan a maximizar el valor para el cliente y minimizar las pérdidas en la producción. Al solapar cada fase del proyecto con las fases adyacentes, LPDS indica la necesidad de incorporar los intereses de las fases siguientes; esta es la principal diferencia que existe con los sistemas de entrega de proyectos tradicionales, donde los detalles de construcción son pensados sólo después de que el proyecto ha sido ofertado (Ballard G. , *Lean Project Delivery System*, 2000).



Las diferentes fases de LPDS proporcionan diferentes áreas de mejora dentro de un sistema de administración de proyectos. A pesar de que todas las fases son cruciales para el éxito de un proyecto Lean, el corazón de los LPDS se encuentra en la estructuración de Trabajo y Control de la Producción (Abdelhamid, 2013).

**FIGURA N° 2.8 Lean project delivery system.**



*Fuente.* Ballard G., 2000.

El módulo de control de producción abarca la ejecución de los planes y se extiende a lo largo de todas las fases de un proyecto. "Control" significa, ante todo provocar un futuro deseado en lugar de identificar las desviaciones entre lo previsto y lo real. Control de la producción consiste en el control de flujo de trabajo y control de la unidad de producción (Mossman, 2010).

## **2.5 Last Planner System. Sistema del Último Planificador.**

Koskela y Ballard afirman que la incertidumbre y la variabilidad durante la

construcción son la raíz de muchos de los problemas que confrontan las obras, los esquemas tradicionales de planificación de control de la producción en obras de construcción han resultado inefectivos, para minimizar estas causas principales de incumplimiento de plazos y productividad de los proyectos.

Los proyectos constructivos que poseen alto grado de incertidumbre no pueden ser gestionados con la guía PMBOK establecida por el *Project Management Institute* (PMI) el enfoque del PMI centra toda la atención en la planificación, poco en el control y casi nada en la ejecución. En cuanto a los métodos de ruta crítica para la planificación, tal como *Critical Path Method* (CPM) no es muy útil porque controla la variabilidad después de que se han presentado las desviaciones (Sanchez, 2012)

El *Last Planner System* (LPS) o Sistema del Último Planificador (SUP) fue desarrollado por Glenn Ballard y Greg Howell (1994) como un sistema de planificación y control de la producción para mejorar la variabilidad en las obras de construcción y reducir la incertidumbre en las actividades programadas. Básicamente el LPS es un enfoque práctico que maneja flujos de trabajo complementando los métodos tradicionales de barras o de redes que manejan sólo fechas. En el LPS los gerentes de construcción y los jefes de equipo colaboran para preparar planes de trabajo que pueden ser ejecutados con un alto grado de fiabilidad y mejorar la estabilidad del trabajo (Patel , 2011)

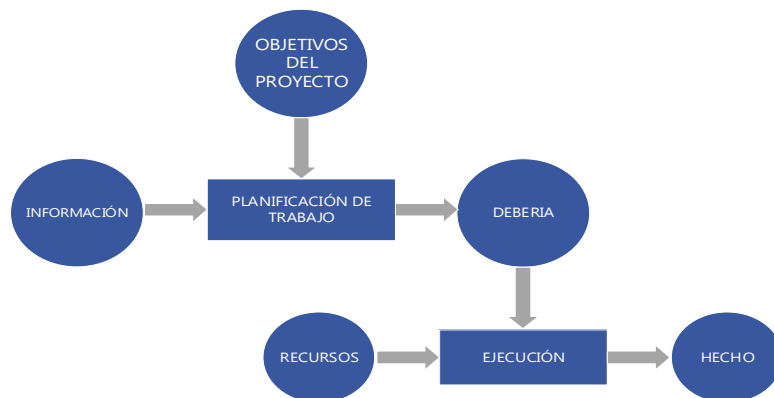
Tradicionalmente la manera más utilizada de planificar es sólo considerar las transformaciones, haciendo caso omiso de las actividades de flujo. Esto contrasta con lo que el LPS toma en consideración, los transportes, las

esperas, inspecciones, etc., son actividades de flujo que tienen un valor, duración y consumen recursos, pero no siempre se prevén; sin embargo estas actividades explican la mayor parte del tiempo de producción; a causa de ello el LPS establece un método de planificación que las toma en cuenta y mejora la gestión de estas actividades (Luna Guzmán, 2009).

## 2.6 Sistemas de Planificación *Push* y *Pull*.

El LPS está basado en un *Pull System*, donde la planificación se realiza desde el final de las tareas hacia el inicio. En contraste con ello, la gestión tradicional aplica el *Push System*, en el que la planificación se inicia con la primera tarea, para luego avanzar a la siguiente, al cumplirse la fecha límite de aquella que la precede (Cerveró, 2010). La ejecución de las tareas se planifica en función de lo que se debe hacer, independientemente de conocer si se tiene suficientes recursos para hacerlo. En la figura N° 2.9 se muestra cómo se realiza la planificación del trabajo teniendo en cuenta la información previa y los objetivos de los proyectos, aquí los recursos disponibles se consideran a posteriori (Sanchis Mestre, 2013).

**FIGURA N° 2.9 Tradicional sistema de planificación *push***

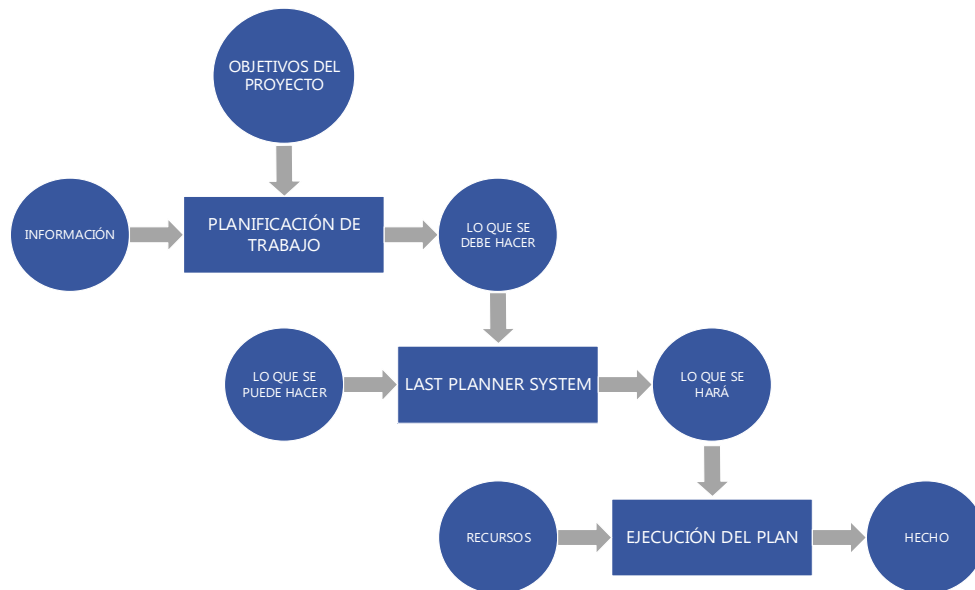


*Fuente.* Koskela., 1992.

Este sistema crea gran incertidumbre y variabilidad en la construcción al no controlar las restricciones que pueden tener las actividades planificadas.

Por otro lado, el LPS planifica lo que se debe hacer teniendo en cuenta lo que se puede hacer de acuerdo a los recursos, requerimientos previos, restricciones existentes para llegar a precisar lo que se hará, y que será exactamente ejecutable. En la figura N° 2.10 se observa como la planificación tiene en cuenta lo que es posible ejecutar antes de decidir lo que se hará.

**FIGURA N° 2.10 Sistema de planificación *pull***



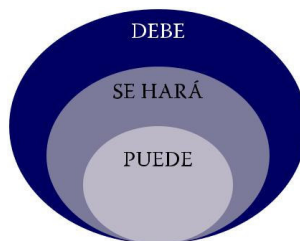
*Fuente.* Koskela., 1992.

De esta forma el LPS controla de una manera más efectiva la ejecución de las actividades necesarias para completar el proyecto, asegurándose de que lo que se planea hacer en la obra realmente será hecho y así evitar paros en obra que conllevan pérdidas de tiempo que retrasan el proyecto y se traducen

en pérdidas económicas. Este cambio de sistema provoca un mejoramiento en los flujos de trabajo y facilita un mejor control de la variabilidad de los proyectos de construcción (Porras, Sanchez Rivera, & Galvis Guerra, 2014).

En la figura N° 2.11 se observa tal como en la forma tradicional, la interacción entre las actividades de planificación, donde lo que se puede hacer y lo que se hará son dos subconjuntos de lo que debe hacerse, lo que “se hará” es desarrollado sin saber qué se puede hacer.

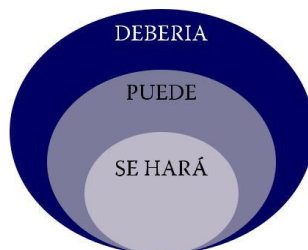
**FIGURA N° 2.11 Planificación usual**



*Fuente.* Ballard H. G., 2000.

El LPS contrasta con los conceptos actuales de planificación de los jefes de obra, capataces y supervisores de ejecución de trabajo, puesto que estos usualmente planifican en función de aquello que debe hacerse sin tener completa certeza de si pueden tener los recursos necesarios para llevarlo a la práctica.

**FIGURA N° 2.12 Last planner system**



*Fuente.* Ballard H. G., 2000.

El objetivo del *LPS* es generar una planificación real, en lugar de una planificación irreal y a veces optimista. Para establecer antes lo que se hará es fundamental contar con un apropiado conocimiento de lo que puede hacerse. Así se evitan las paralizaciones de obra debido a actividades que continúan con restricciones y no pueden ser liberadas (Patel , 2011).

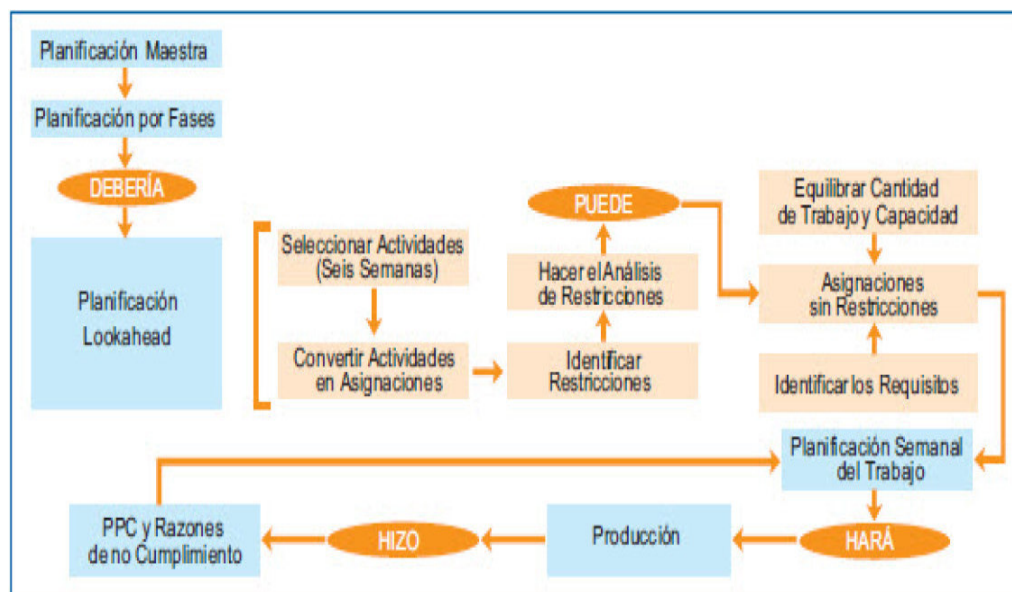
El control de la producción tiene dos componentes: el control de flujo de trabajo y el control de las unidades de producción. Haciendo asignaciones realizables se blinda a las unidades de producción de la incertidumbre en la ejecución de sus trabajos, lo que permite a esas unidades mejorar su propia productividad, procurar el aprendizaje continuo, determinar las acciones correctivas y también mejorar la productividad de las unidades de producción aguas abajo que son las que reciben y se ejecutan sobre las tareas precedentes, por tanto, dependen de una confiable liberación de los prerequisites de cada tarea o compartir. La función de control de flujo de trabajo se refiere a que debemos hacer que el trabajo fluya activamente a través de las unidades de producción para lograr objetivos más alcanzables (Ballard H. G., 2000).

## **2.7 Niveles de Planificación.**

Según Ballard (2000), todas las tareas tienen tres categorías: deben, pueden y se harán. El sistema parte con la tradicional programación maestra de toda la obra, la que es usada para referenciar los hitos del proyecto; luego baja a una planificación por fases, que es lo que debería hacerse por ejemplo: excavaciones, cimentaciones, instalación de sistema de aterramiento, etc.; después se abre una ventana de planificación de 3 a 6 semanas llamada

*Lookahead plan*, en la que se analiza lo que realmente se puede hacer, se descubren las restricciones que impedirán el cumplimiento de las actividades y finalmente se liberan las actividades de sus restricciones previas, así se desarrolla con más confiabilidad la programación semanal, es decir lo que se hará finalmente. Una vez ejecutadas las tareas, lo que se hizo, se obtendrá valiosa información que se resume en los índices de Porcentaje de Planificación Cumplida (PPC) y con las Razones de No Cumplimiento (RNC), que servirán de aprendizaje y retroalimentación para los últimos planificadores, es decir subcontratistas, supervisores de obra, maestros de obra, jefes de cuadrilla etc. (Orihuela & Ulloa, La Planificación de las obras y el Sistema Last Planner, 2011).

**FIGURA N° 2.13 Esquema de procedimiento del *last planner system*.**



*Fuente.* Orihuela & Ulloa, La Planificación de las obras y el Sistema *Last Planner*, 2011.

Esta planificación en cascada se desarrolla en tres niveles distintos de planificación. Desde la planificación inicial donde las actividades son generales y de larga duración, se va aumentando el nivel de detalle y reduciendo la duración de las asignaciones conforme se pasa a planificaciones de corto plazo y programas semanales. Basado en el principio del trabajo sistemático, donde la planificación se realiza en el nivel más bajo de jerarquía de planificadores, es decir la última persona o grupo responsable de la supervisión de los trabajos en obra. El enfoque es asegurar que todos los requerimientos previos indispensables para la ejecución de una tarea estén en su lugar antes de asignar las cuadrillas de trabajo a las actividades (Porras, Sanchez Rivera, & Galvis Guerra, 2014).

#### **2.7.1 Planificación Maestra<sup>5</sup> ó *Master Plan*.**

Es una planificación general, esta se entrega previamente al inicio de la obra, proporciona un mapa global de la coordinación de las actividades, y posee muy poco nivel de detalle. Es necesario que sea realista respecto a plazos de ejecución, recursos empleados etc., de manera que siguiendo los hitos que en él se marcan se pueda aplicar *LPS* y conseguir la ejecución del proyecto en tiempo y forma. La programación maestra se hace en forma de diagrama de Gantt, estableciendo los tiempos de todas las tareas necesarias para culminar la etapa de construcción en los proyectos (Patel , 2011).

---

<sup>5</sup> Denominada también "*Master Schedule*".



### 2.7.2 *Pull Session*: Planificación por fases.

Este tipo de planificación es adecuada para pequeños y grandes proyectos, los participantes del equipo del proyecto, de manera colaborativa, detallan las actividades necesarias para las fases de ejecución del proyecto, el equipo hace uso de la técnica *Pull*, que consiste en utilizar la programación reversa, es decir, se debe trabajar de atrás (actividad final de una fase) hacia adelante (actividad inicial de la fase). Al aplicar *Pull* se deducen las actividades críticas para concluir cada fase de trabajo, y se determina la mejor secuencia para completar esas actividades para cumplir con el objetivo de cada fase (Rodríguez Fernández, Alarcón Cardenas, & Pellicer Ariñana, 2011).

En esta *Pull Session*, participa un responsable de cada empresa o especialista que trabaja en la fase, ellos decidirán en qué orden, y como deben ejecutarse los trabajos, asimismo la duración de estos para poder cumplir con la fecha término definida por el programa maestro. Se identificará las fases y las actividades que la forman, tomando del programa maestro las fechas de inicio y fin. **A continuación se definirá** la estructura del panel a emplear; se puede dividir por sectores, por especialidad o por responsables. Lo más conveniente es crear un panel visible en la sala donde se realicen las reuniones de programación. Se emplearán post it, con un color por cada uno de los representantes, para identificar sus compromisos y necesidades (Ballard G. , Phase Schedulling, 2000).

. Se marcarán las fechas más relevantes tomadas del programa maestro como “HITOS”, los representantes irán analizando las posibilidades reales de cumplir con ese término, así como las necesidades que van surgiendo

(materiales, mano de obra, liberación de la actividad por otro de los representantes); de manera que el equipo se centra en el final de la fase y trabaja hacia el comienzo, liberando las actividades para otros miembros del equipo. Se van ajustando los *post-it*, reflejando la forma en que realmente se va a llevar a cabo el trabajo, hasta que finalmente se tenga una red lógica. Se puede ampliar la información en los *post-it*, indicando duraciones a las tareas, cantidad de recursos y otros datos relevantes. Los plazos deben ser los de mejor rendimiento, es decir, sin aplicar ningún tipo de holguras (Knapp, Charron, & Howell, 2007).

Este programa realizado por los responsables de cada especialidad en la fase que les corresponda, adquiere fuerza de contrato. Al tener carácter contractual el programa sólo puede variar en caso de:

- Cambio de contrato principal en consenso.
- El equipo integro apruebe en que no podrán cumplir el programa.
- Se encuentra una manera mejor o más rápida de hacer el trabajo.

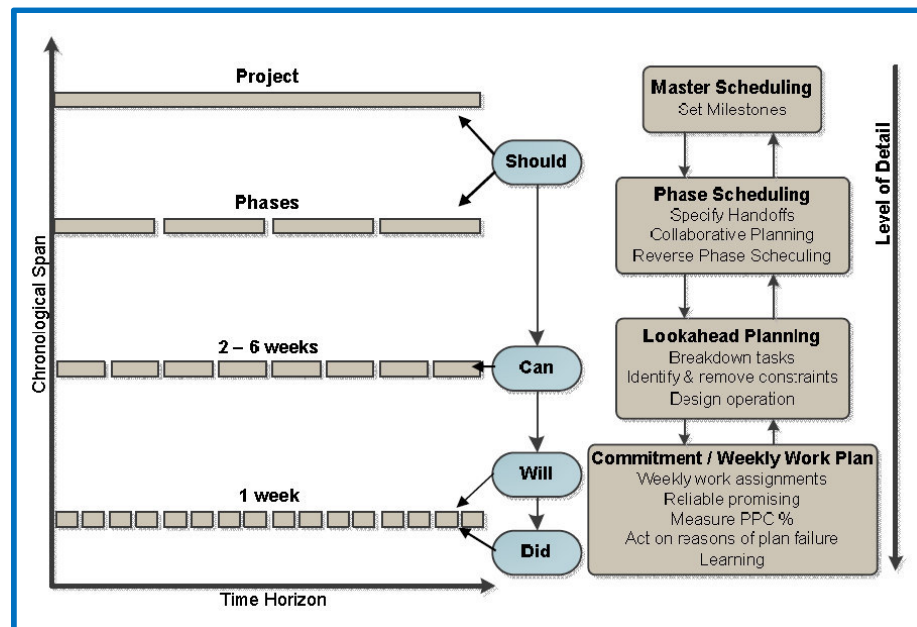
El desarrollo de una *Pull Session* es una parte integral de la aplicación de LPS para un proyecto, de hecho, es la base para un plan *Lookahead* y finalmente el Programa de Trabajo Semanal (Sanchis Mestre, 2013).

Al establecer *Pull Session* en la práctica entre otros beneficios a obtener se pueden citar:

- El equipo del proyecto obtiene una mejor comprensión del valor del proyecto.
- Los miembros del equipo tienen la oportunidad de conocerse y familiarizarse mientras planifican el trabajo.

- Cada miembro sabe lo que los otros miembros del equipo necesitan para realizar sus tareas, lo que es importante para el éxito de los demás.
- El trabajo se planifica de manera que todos se entienden y se ponen de acuerdo sobre lo que se debe hacer y cuando. El equipo sabe cómo prepararse para llevar a cabo sus compromisos.
- Se visualiza una secuencia lógica de actividades y la duración de las mismas.
- Gráficos de Gantt se crean a partir de la agenda del equipo.
- El equipo reconoce como propio el programa que se emplea para crear el *Lookahead* durante el resto de la fase de proyecto.

**FIGURA N° 2.14 Cronología de las etapas en el last planner system.**



Fuente. Ballard G., *Lean Project Delivery System*, 2000.

### 2.7.3 Planificación Intermedia o *Lookahead Planning*.

El *Lookahead planning* significa el primer paso de la planificación de la producción con un marco de tiempo que por lo general se extiende entre 2

a 6 semanas. En esta etapa se programan las actividades de flujo indispensables para desarrollar la planificación maestra tales como inspecciones, pruebas y ensayos, intervenciones de agentes externos, etc., de modo que al incorporarse a la programación no sean un foco de desajustes y retrasos. La planificación intermedia también debe incorporar las actividades relacionadas con la conservación del medio ambiente, la gestión de residuos, así como los elementos de seguridad necesarios para la ejecución de las actividades y sus responsables (Rodríguez Fernández, Alarcón Cardenas, & Pellicer Ariñana, 2011).

**FIGURA N° 2.15 Planificación intermedia.**

Diagrama de Gantt													Análisis de Restricciones									
PROYECTO													Tipo					Descripción	Fecha Límite			
													ALCANCE							4 Semanas		
COD.	ACTIVIDAD	RESP.	SEMANA 1					...	SEMANA 4					Proveedores	Subcontratistas	Equipos	Seguridad y S.			Medio Ambiente	Externos	Otros
			L	M	X	J	V		L	M	X	J	V									
			8	9	10	11	12		29	30	1	2	3									

*Fuente.* Rodríguez Fernández, Alarcón Cárdenas, & Pellicer Ariñana, 2011.

Los “*last planners*” seleccionan y desagregan las actividades en asignaciones para posteriormente hacer un análisis de restricciones. El objetivo es producir asignaciones liberadas y listas para poder programarse semanalmente, con lo que se logra controlar el flujo del trabajo.

Según Orihuela & Ulloa (2011), los pasos que se deben seguir son los siguientes:

- Seleccionar aquellas actividades que se sabe que se podrían realizar cuando se programen. Considerar temas sin resolver como cambios en

el diseño, disponibilidad de materiales, la probabilidad de que las actividades previas puedan ser terminadas cuando se necesiten.

- Dividir las actividades en asignaciones. Una asignación es una orden directa de trabajo, es decir, es el nivel más bajo de la planificación.
- Analizar las restricciones, proceso que se realiza para saber si las asignaciones pueden ejecutarse cuando se han programado. Sólo pueden avanzar en las semanas y entrar en la programación aquellas asignaciones que se encuentren listas y sin restricciones.
- Mantener un grupo de asignaciones denominado "trabajo en reserva", el cual es un "buffer" para mantener la eficiencia de la labor si las actividades planeadas no se pueden ejecutar o si el personal termina antes de lo previsto.
- Equilibrar la cantidad de trabajo por hacer con la capacidad que se tiene en obra.
- Listar los requisitos que se deben tener en cuenta para ejecutar las asignaciones en la semana que se han programado.

#### **2.7.4 Análisis de restricciones.**

Una vez identificadas las tareas que serán parte del plan intermedio es necesario asegurar que estén libres de restricciones para que puedan ser llevadas a cabo en el momento fijado. Este análisis se realiza en dos etapas, el primer paso es la revisión del estado real de cada restricción, sirve para controlar el flujo de trabajo, ya que impide la entrada de una tarea que tiene aún restricciones en el plan intermedio hacia la programación semanal, el segundo paso es preparar la liberación de las restricciones, se

definirán cuáles serán las acciones a tomar para remover las restricciones de las tareas y poder iniciar estas en el tiempo planeado (Porrás, Sanchez Rivera, & Galvis Guerra, 2014). Los factores a evaluar en el análisis de restricciones son: el cumplimiento de las tareas precedentes, el diseño y especificaciones de los detalles constructivos, la disponibilidad de componentes y materiales, la disponibilidad de mano de obra, de equipo, de espacio y la consideración de posibles impedimentos por condiciones externas (Orihuela & Ulloa, La Planificación de las obras y el Sistema Last Planner, 2011).

#### **2.7.5 Inventario de Trabajo Ejecutable (ITE).**

Está compuesto por todas aquellas tareas que tienen la mayor probabilidad de ser ejecutadas, es decir, aquellas tareas del *Lookahead* que pasaron por el proceso identificación, revisión y están libres de restricciones; de esta forma es posible crear un inventario de tareas que se han de ejecutar (Porrás, Sanchez Rivera, & Galvis Guerra, 2014).

Dentro del ITE puede existir el siguiente tipo de actividad:

Actividades con restricciones liberadas que pertenecen al ITE de la semana en curso que no pudieron ser ejecutadas.

Actividades con restricciones liberadas que pertenecen a la primera semana futura que se desea planificar.

Actividades con restricciones liberadas con dos o más semanas futuras, situación ideal de todo planificador (Ballard G. , Lean Project Delivery System, 2000).

En caso de que alguna actividad del ITE no pueda ser ejecutada o se ejecute antes, se proveerán otras actividades del ITE para que las cuadrillas no queden libres de trabajo, y evitar que terminen realizando tareas al azar que no correspondan a la secuencia de trabajo planificada. Luego de haber creado el ITE, estamos en condiciones de crear un Programa de Trabajo Semanal, que no es más que seleccionar un conjunto de actividades del ITE que se realizarán en la semana siguiente (Sanchis Mestre, 2013).

#### **2.7.6 Programación Semanal o *Weekly Work Plan*.**

La programación semanal define lo que “se hará” durante la semana entrante en función de los objetivos cumplidos en la planificación semanal finalizada, de los previstos en la planificación intermedia y de las restricciones existentes. Las actividades a realizar tienen que formar parte del ITE definido en la etapa anterior (Rodríguez Fernández, Alarcón Cardenas, & Pellicer Ariñana, 2011). Esta última fase de planificación debe presentar el mayor nivel de detalle antes de la ejecución de un trabajo; debe ser realizada por los, supervisores de obra, residentes de obra, jefes de obra, capataces y todos aquellos que supervisan directamente la ejecución de los trabajos en el sitio, de manera que se asegure el control de las unidades de producción (Porrás, Sanchez Rivera, & Galvis Guerra, 2014).

Para la realización de esta programación semanal es conveniente establecer una reunión, bien a principio de la semana o al final de esta. La primera tarea a abordar en esta reunión es analizar el cumplimiento de la planificación vencida, se debe detectar cuáles han sido las causas de no

cumplimiento de lo que se planificó de modo que se pueda adoptar las medidas necesarias para corregir los desajustes que se hubieren introducido en la planificación intermedia. La segunda tarea a abordar es desarrollar la planificación de la semana entrante.

**FIGURA N° 2.16 Programación semanal**

PROYECTO Fecha inicio Fecha fin							Diagrama de Gantt	Causas de NO Cumplimiento																	
COD.	ACTIVIDAD	RESP.	OBJETIVO			Cumplido (si/no)		SEMANA 1					Tipo					Descripción	Retraso	Medidas correctoras					
			A ejecutar	Ejecutado	% Alcanzado			L	M	X	J	V	Proveedores	Subcontratistas	Equipos	Seguridad y S.	Medio Ambiente				Externos	Otros			
								8	9	10	11	12													

*Fuente.* Rodríguez Fernández, Alarcón Cárdenas, & Pellicer Ariñana, 2011.

Esta reunión es fundamental que se realice con todos aquellos responsables que están comprometidos en la ejecución (los últimos decisores o planificadores), desde representantes de la dirección, proveedores y subcontratistas hasta los jefes de cuadrilla responsables de las diferentes partidas de obra; es conveniente que su duración no sea superior a las dos horas. El ataque sistemático a las causas de no cumplimiento puede aumentar la confiabilidad de la planificación futura. Se recomienda hacer uso de Pareto para graficar las causas de no cumplimiento que afectan a la obra y proponer medidas correctoras una vez analizadas estas causas (Rodríguez Fernández, Alarcón Cardenas, & Pellicer Ariñana, 2011).



Los resultados semanales se hacen públicos se deben visibilizar en paneles u otros medios y se emplazarán en la obra, en estos se indicará el rendimiento de todos los responsables comprometidos en la tarea, esta publicidad de los resultados, ya sea bueno o malo, es un factor clave para reforzar el compromiso de los últimos planificadores. El aprendizaje en cada paso del proceso es importante; la retroalimentación permite actualizar el plan maestro y canalizar las lecciones aprendidas (Pellicer, Cervero, Lozano, & Ponz-Tienda, 2015).

#### **2.7.7 Porcentaje de Programa Cumplido o *Plan Percent Complete* (PPC).**

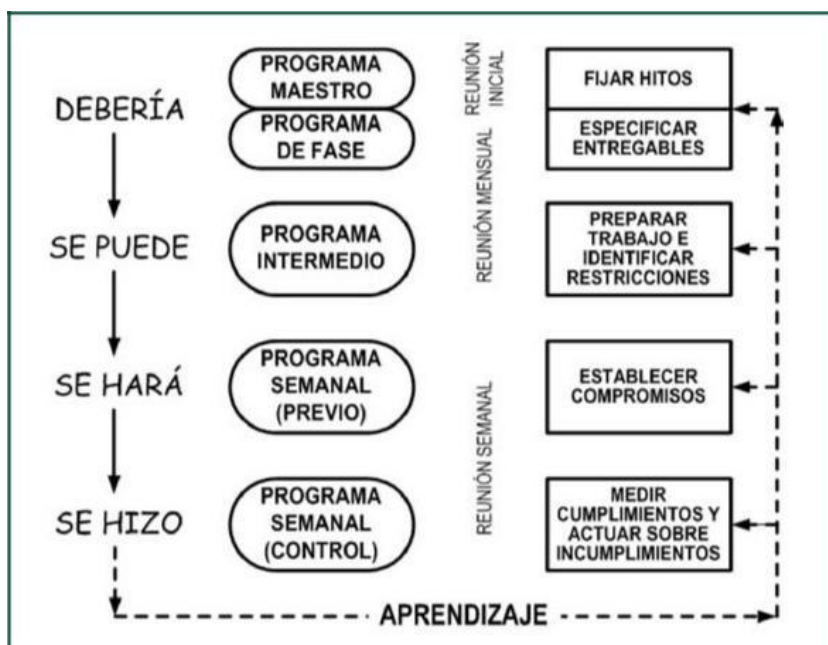
El LPS necesita medir cómo está funcionando su sistema, se requiere conocer el rendimiento de cada plan de trabajo semanal para estimar su calidad. Esta medida, que es el primer paso para aprender de los errores y poner en práctica las mejoras se realiza a través del PPC que viene a ser el número de asignaciones que realmente se culminaron en la semana dividido por el número de asignaciones que se planificaron para esa semana (Cerveró, 2010). De esta manera, el PPC evalúa hasta donde el LPS fue capaz de planificar por adelantado el trabajo que se realizará la próxima semana, lo que refleja la fiabilidad del sistema de planificación y que está directamente relacionado con la productividad (Patel , 2011).

Las causas de incumplimiento también son revisados y analizados semanalmente, con el fin de evitarlos en un futuro (Rodríguez Fernández, Alarcón Cardenas, & Pellicer Ariñana, 2011).

Es importante enfatizar que el PPC mide el cumplimiento de la planificación, no el progreso en la construcción, esto significa conocer cómo se adoptó el compromiso, fue correcto o no el manejo de las restricciones, etc.. Los resultados se miden en modo binario 1 si se logra el compromiso adoptado y 0 si no se ha alcanzado (Sanchis Mestre, 2013).

Un buen logro de ejecución se sitúa por encima del 80%; un bajo rendimiento por debajo del 60%. En la mayoría de los casos el PPC será inferior al 50% cuando se inicia un proyecto con el control del PPC podría crecer hasta el 80 o el 90% a medida que el equipo se hace consciente de la necesidad de realizar efectivamente el trabajo como estaba previsto. Los equipos con amplia experiencia en el sistema mantienen un logro por encima del 85% (Patel , 2011).

**FIGURA N° 2.17 Sumario del *last planner system***



*Fuente.* Rodríguez Fernández, Alarcón Cárdenas, & Pellicer Ariñana, 2011.

### **2.7.8 Niveles de Productividad en la Construcción.**

Se tienen herramientas que permiten medir la productividad, y que entregan valores detallados y efectivos para la gestión, en términos del manejo de factores productivos, como mano de obra, uso de equipos y materiales. Así en el LC se emplea el Nivel General de Actividad y las Cartas de Balance, herramientas que muestran cómo se distribuye el tiempo de la mano de obra en un proceso o partida para las diferentes actividades que las componga, asignándoles a estas actividades una de las siguientes tres categorías; trabajo productivo, trabajo contributivo y trabajo no contributivo.

El Nivel de Actividad es una herramienta estadística propuesta por Alfredo Serpell (1993) para el sector construcción, la cual es una variante de la técnica del muestreo de trabajo, utilizada en el ámbito manufacturero, la que mediante muestreo estadístico y observaciones aleatorias determina el porcentaje de aparición de cada actividad. El Nivel General de Actividad nos da un resultado general de la productividad en la obra y que puede servir como un indicador de la eficiencia con que se están realizando los trabajos en obra, además permite identificar y posteriormente disminuir las principales causas de pérdida de tiempo en el personal, consiguiendo con ello mejorar la utilización de la mano de obra, incrementar niveles de producción y una reducción importante de sus costos.

Según Serpell & Alarcon (2003) la ocupación del tiempo de los trabajadores en la construcción se categorizan en tres tipos de actividades:

- Trabajo Productivo (TP): Es el tiempo que el trabajador destina a la producción de alguna unidad de construcción. Ejemplo: vaciar concreto en zapata y pedestal de torre, asentar ladrillo de cerco perimétrico, etc.
- Trabajo Contributorio (TC): Corresponde al tiempo dedicado a las labores de apoyo necesarias para que se ejecuten los trabajos productivos, pero no aportan valor a la unidad de construcción. Estas actividades implica pérdidas de segundo nivel para la empresa, por lo que sus índices deben controlarse para mejorar la productividad. Ejemplo, transporte de materiales, instrucción, aseo, etc.
- Trabajo No Contributorio (TNC): Cualquier otra actividad que el trabajador realiza por diferentes causas, en la que consume tiempo de trabajo, pero que no corresponda a las categorías anteriores. Esto implica que son actividades que no agregan valor, tienen un costo y es preciso minimizarlas o eliminarlas para mejorar el proceso constructivo. Ejemplo, desplazamientos con manos vacías, esperas, descansos, trabajos rehechos etc.

En consecuencia si el tiempo utilizado en trabajos no contributorios aumenta entonces el tiempo disponible para realizar trabajos productivos disminuye, y afecta negativamente la productividad así como el ritmo o velocidad de la obra (Serpell & Alarcon, 2003).

El análisis de operaciones a través de una carta balance es una herramienta empleada de manera usual en la Ingeniería Industrial para estudiar la eficiencia de las combinaciones hombre-máquina, y que ha demostrado con creces su aplicabilidad en la industria de la construcción siendo útil para analizar la eficiencia del método constructivo empleado,

para mejorar la eficiencia del grupo de trabajo que ejecuta el método, reasignando las tareas entre sus miembros y/o modificando el tamaño del grupo que conforma la cuadrilla (Serpell & Alarcon, 2003).

Las cartas de balance toman una partida o proceso específico y lo analizan a nivel de la mano de obra, con la finalidad de obtener los tiempos que le dedican los trabajadores a cada actividad dentro de la partida. Al igual que en el caso del Nivel General de Actividad NGA divide los trabajos en Productivos (TP). Contributorios (TC) y No Contributorios (TNC), pero para el caso de las cartas de balance, se realiza un listado total de las actividades que comprende dicho proceso o partida. Entre los resultados que son posibles obtener a partir de realizar las mediciones de ocupación de la mano de obra, está el deducir los tiempos porcentuales por tipo de trabajo de cada integrante de la cuadrilla a evaluar, así como sus actividades categorizadas en TP, TC, TNC.

De acuerdo a Serpell 2003 es necesario que la muestra de las observaciones aleatorias realizadas por partida a medir, no tenga menos de 384 observaciones para obtener un nivel de confiabilidad no menor a 95% y con una exactitud de  $\pm 5\%$ .

Siempre debe enfocarse el estudio del proceso o partida preferentemente a reducir los tiempos improductivos y aumentar los niveles de actividad real y de rendimiento. A partir de los resultados hallados en la aplicación de la carta balance se deducen parámetros de productividad fundamentales para cada recurso, tales como coeficiente de participación nivel de actividad real y nivel de actividad relativa. Estos parámetros se calculan como sigue:

- Coeficiente de Participación =  $\frac{\text{Tiempo que el recurso está presente}}{\text{Tiempo total de la actividad}}$
- Nivel de Actividad Real =  $\frac{\text{Tiempo que el recurso trabaja} \times 100}{\text{Tiempo que el recurso está presente}}$
- Nivel de Actividad Relativo =  $\frac{\text{Tiempo que el recurso trabaja} \times 100}{\text{Tiempo total de la actividad}}$

El uso de estos parámetros es un buen soporte para el mejoramiento y control de la productividad de la mano de obra, además de servir como referentes para obras civiles semejantes.

## 2.8 Principio de Pareto.

Según Heizer & Render (2007), todos los incumplimientos en avances de obra tienen un gran número de causas, pero no vale la pena el esfuerzo de aislar a todas. El principio de Pareto, aunque contrario a la intuición, afirma que la mayoría de los resultados, productos o recompensas, provienen por lo general de una minoría de causas, entradas o esfuerzos. El principio de Pareto establece que, aunque un efecto es producido por varias causas, una parte importante del efecto (80%) habitualmente es explicado por unas pocas causas (20%). Los porcentajes de esta regla son una aproximación, tienen como objeto poner en evidencia aquellas causas que más contribuyen a explicar el fenómeno. La regla 80/20 ayuda a alcanzar mucho más, con mucho menos esfuerzo.

Por lo tanto, para todos los efectos prácticos, las cuatro quintas partes de los esfuerzos son en gran medida irrelevantes. Esto es lo opuesto a lo que la gente en general espera. Por lo general, se tiende a suponer que el 50% de las causas o los insumos provocará el 50% de los resultados o productos pero

es inexacto e irreal. Utilizando el principio 80/20 de modo cotidiano se puede aumentar la calidad y minimizar tiempos para reducir costos de producción, e incluso se puede elevar la rentabilidad y eficiencia de cualquier organización.

**FIGURA N° 2.18 Principio de Pareto**



*Fuente.* Elaboración propia.

## **2.9 Buffers.**

En la metodología LC se denomina buffer a la herramienta del módulo del trabajo estructurado que ayuda a neutralizar los efectos de aquella variabilidad que no es posible controlar con el LPS, el buffer opera como amortiguador o colchón que protege a la planificación del proyecto, de la incertidumbre y procura hacer que el flujo de trabajo no se detenga, sea más confiable y rápido mientras se genera valor al cliente.

El Grupo Internacional de la Construcción Lean (IGLC) clasifica a los Buffers en tres tipos:

- **Buffer de Capacidad:** Es entendido como partidas no críticas de la obra que se tienen como alternativa de ejecución a las actividades programadas, cuando las cuadrillas no cuenten con frente de trabajo o exista materiales excedentes. Así se programó como actividades buffer el vaciado de

concreto del dintel de la puerta y la losa de ingreso con la posibilidad de ejecutarse en caso de que la cuadrilla no pudiera culminar el encofrado de dintel del cerco perimétrico.

- **Buffer de Tiempo:** Constituye las holguras de tiempo que durante la ejecución de las partidas se puedan utilizar en caso de que se presenten complicaciones o imprevistos y no excedernos del plazo que se establezca. En el proyecto se utilizaron horas extras el día sábado y con frecuencia se hizo uso de jornadas de 10 horas de trabajo como buffers de tiempo.
- **Buffer de Inventario:** Son aquellos recursos extras que se tienen en el proyecto para asegurar que el flujo no pare, si es que los recursos no se entregan a tiempo.

Se debe señalar que todo buffer es una holgura intencional por lo que es una pérdida o muda en el proyecto que en lo posible debe ser minimizado.

## **2.10 Sectorización.**

El mismo procedimiento que se emplea en la industria manufacturera al subdividir un lote de producción en pequeños lotes de transferencia con el fin de optimizar el flujo de recursos y dar mayor fluidez a los procesos, es posible desarrollarlo en la industria de la construcción por medio de la sectorización, es decir subdividir una partida o actividad de la obra en partes menores llamados sectores. Estos sectores deben contar con metrados semejantes o volúmenes similares de trabajo para facilitar su programación, de manera que se pueda implementar flujos continuos de producción a través del tren de actividades, en las que las cuadrillas de trabajo separadas por especialidad y dimensionadas según sus rendimientos históricos, puedan ejecutar sus



tareas, sin interrupciones y provocar mediante el aprendizaje continuo mejoras en sus rendimientos (Orihuela, Canchaya, & Rodríguez, Gestión visual del sistema Last Planner mediante el modelado BIM, 2015).

### **2.11 Tren de actividades.**

Para obtener el producto final en los procesos constructivos, tal como la EBC de Telecomunicaciones a edificar, no se moviliza el producto en proceso a través de una línea de producción de modo que pueda transitar por una serie de estaciones de trabajo y transformarse en producto final, como ocurre en la industria manufacturera; sino que sobre una ubicación precisa, transitan las unidades de producción, que son cuadrillas de trabajo especializadas, que ejecutan el trabajo asignado en diferentes etapas agregando valor al producto; obteniéndose un flujo continuo y ordenado de trabajo al que se le denomina tren de actividades.

## **CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.1 Descripción de la empresa.**

La empresa Metales Ingeniería y Construcción S.A.C. entre otros proyectos de su línea de negocios en Infraestructura, Obras Civiles y Montaje, fue una de los contratistas principales en la ejecución del Proyecto Canon, propiedad de Claro, y participe en la construcción e implementación de Estaciones Base Celulares (EBC) rurales de telecomunicaciones.

El campo de acción que asume MIMCO S.A.C. como contratista principal no abarca todo el sistema de entrega de proyectos sino sólo comprende la etapa de construcción incluido el montaje de torre y demás estructuras metálicas, de tal forma que este estudio sólo podrá enfocarse en el desarrollo de las herramientas LC aplicables a este contexto.

La contratista principal realiza el proceso de adjudicación para el desarrollo de las obras civiles de las citadas EBC rurales de telecomunicaciones, según la manera tradicional, es decir, como paso inicial se tiene un primer filtro en el que se aprueba a aquellos subcontratistas que aceptan el precario y presupuesto de obra elaborado por el área de presupuesto, del que se obtiene una relación de subcontratistas hábiles; la selección final de estas

subcontratas queda a criterio del jefe de proyecto. No se chequean con rigurosidad los recursos y capacidades de cada subcontratista, la contratista principal no cuenta con índices referenciales de desempeño o productividad históricos de cada una de las subcontratas que concursan, a pesar de que la mayoría de estas subcontratas han ejecutado obras civiles similares con anterioridad para la contratista principal. Luego de la selección final, las subcontratas deben cumplir otros compromisos contractuales antes del inicio de obra, como facilitar a la contratista principal una carta fianza por el valor de xxxxxxx, una garantía del 10%-20% del presupuesto de obra que será entregado inmediatamente después de que el propietario recepcione la entrega de las obras civiles y montaje sin alguna observación. Cada subcontrata además debe efectuar los pagos de Seguro SCTR y Seguro de Pensiones del personal que desempeñe funciones en campo y cumplir otras exigencias de seguridad normadas para conseguir las autorizaciones de trabajo operativo del personal en sitio.

Se puede considerar a las EBC rurales del proyecto Canon como típicas para este tipo de edificación. A pesar de que estas EBC tienen muy semejantes sus diseños de arquitectura, estructuras civiles, sistemas de aterramiento, sistema eléctrico, y estructuras metálicas a instalar; también presentan radicales diferencias, tales como, el tipo y resistividad del suelo en las que se asientan; nivel de altitud, tipo de clima; las modalidades de acceso al sitio; los costos y calidad de mano de obra, materiales, equipos en las proximidades del sitio; disponibilidad de mano de obra, máquinas, equipos, y materiales en las cercanías del sitio; espacio para acopio temporal de material en la zona de trabajo; el tipo de soporte que ofrecen las autoridades locales,

entre otras; es decir una cantidad de condicionantes que no se planifican, ni controlan y que con frecuencia son generadores de despilfarros e impiden el normal desarrollo de las actividades de construcción, además de causar profusa variabilidad en las actividades de flujo que acompañan a las actividades de conversión lo que los convierte en serios limitantes para la adición de valor a las actividades, en la reducción de costos, y con el cumplimiento de las especificaciones de calidad y tiempos de entrega planificados. Por ello inicialmente es importante precisar cuáles son las principales causas de retraso en la entrega de obra de estas EBC de telecomunicaciones.

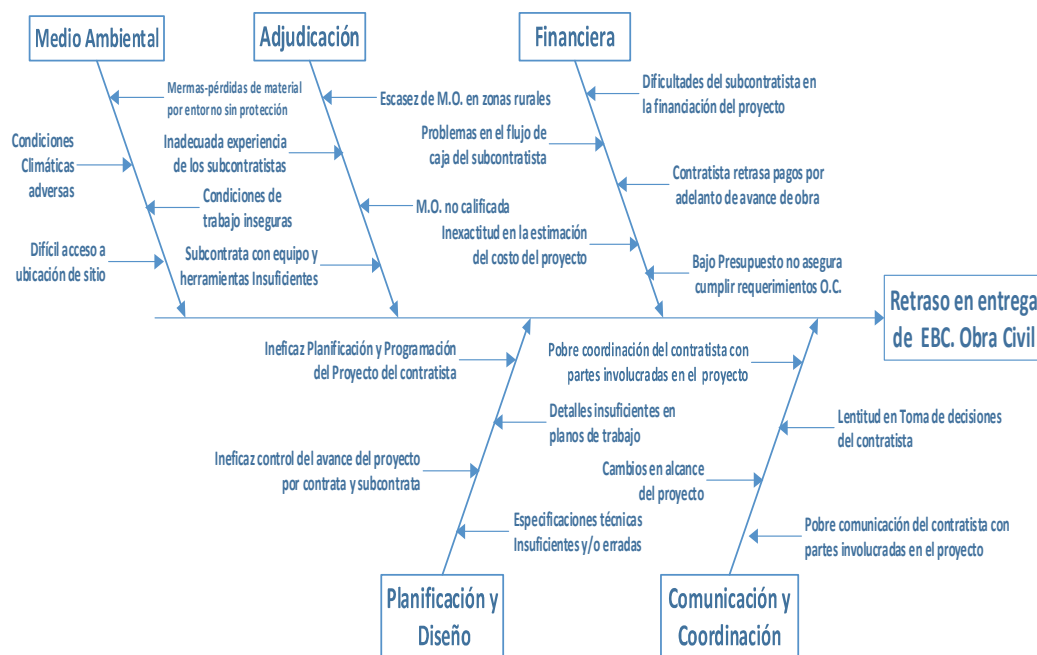
### **3.2 Causas de retraso en entregas de EBC de telecomunicaciones en la fase de construcción.**

Los continuos retrasos en la ejecución de los proyectos de construcción de las obras civiles para EBC rurales de telecomunicaciones originan asiduas solicitudes de ampliaciones de plazo para entrega de obra a los propietarios, estos plazos que exceden el tiempo estimado de su planificación inicial originan a su vez incrementos en el costo del proyecto, el cobro de penalidades por incumplimiento de contrato e inclusive la resolución de este. Esta complicación en la fase constructiva es fuente principal de reducción de la rentabilidad operativa. En este estudio se asume esta complicación como un problema de calidad básico, en consecuencia, para efectuar mejoras es esencial definir las causas que la genera. De la bibliografía consultada se puede inferir que las causas fundamentales de retrasos en la construcción de diferentes tipos de edificaciones son bastante semejantes. Además, se ha

podido comprobar que estas causas reales, establecidas en diferentes proyectos de construcción, ocurren también en las actividades de construcción que se ejecutan en el tipo de obra civil en estudio (EBC para telecomunicaciones).

Se hace uso del diagrama causa-efecto de Ishikawa como herramienta de calidad, con el que se elabora una categorización acorde con las planteadas en diversos estudios realizados por equipos multidisciplinarios de construcción en países de Latinoamérica y Asia Menor cuyas realidades, procesos, causas de despilfarros y retrasos son muy semejantes a la nuestra. Véase figura N° 3.1.

**FIGURA N° 3.1 Causas principales de retrasos en la fase de construcción para entrega de obras civiles de EBC**



**Fuente.** Elaboración propia.

Las causas principales se han agrupado por categoría, de modo que se pueda visualizar las relaciones directas, causa principal-categoría, y además poder facilitar el análisis e interpretación de las fuentes de retraso así agrupadas para posteriormente plantear soluciones factibles o contramedidas, por categoría aplicables a este tipo de proceso constructivo, EBC para telecomunicaciones.

CUADRO N° 3.1 Categoría adjudicación, causas principales de retraso, contramedidas

CATEGORÍA	CAUSAS PRINCIPALES	PORQUÉ ?	CONTRAMEDIDAS
Adjudicación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inadecuada experiencia de los subcontratistas.</li> <li>- Subcontrata con herramientas y equipo insuficientes.</li> <li>- Escasez de M.O. en zonas rurales</li> <li>- Baja calificación de M.O. y staff de subcontratista.</li> </ul>	<p>La empresa adjudica la ejecución de sus proyectos a aquellas subcontratas que aceptan el más bajo presupuesto. Este erróneo modo de selección conduce a emplear subcontratas que cuentan con personal carente de buena calificación para ejecutar trabajos con la calidad requerida, escasez de recursos que por lo general provocan excesivas demoras y conflictos entre los diferentes participantes responsables del progreso de ejecución de las fases del proyecto y su entrega posterior; desalentando la intervención de subcontratas de mejor calidad en este sistema de adjudicación. (Falqi, 2004)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La empresa debe adjudicar la ejecución de sus proyectos a aquellas subcontratas que tienen suficientes recursos, capacidades, con conocimiento y calificada experiencia en el tipo de proyecto a ejecutar, en lugar de elegir a aquella que acepte el presupuesto con el preclaro más bajo. Para ello es preciso chequear los recursos y capacidades de todos los licitadores antes de adjudicar el proyecto al que admita el más bajo presupuesto.</li> </ul>

Fuente. Elaboración propia

CUADRO N° 3.2 Categoría financiera, causas principales de retraso, contramedidas

CATEGORÍA	CAUSAS PRINCIPALES	PORQUÉ?	CONTRAMEDIDAS
Financiera	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificultades del subcontratista en la financiación del proyecto.</li> <li>- Problemas en el flujo de caja del Subcontratista.</li> <li>- Contratista retrasa pagos por adelanto de avance de obra.</li> <li>- Inexactitud en la estimación del costo del Proyecto.</li> <li>- Bajo Presupuesto no asegura cumplir requerimientos de Obras Civiles.</li> </ul>	<p>Es usual que a las Subcontratas se les exija fondos de garantía, cartas fianza bancarias etc., para que demuestren capacidad de ejecución del proyecto, al querer salvar este impedimento incurren en préstamos que exceden su capacidad financiera. Cuando suceden imprevistos usuales, tales como, estimaciones de gastos imprecisos, especificaciones malentendidas, algún requerimiento adicional del propietario, o retraso de adelantos de pago por avance de obra, fácilmente fallan las previsiones financieras del subcontratista y enfrentan graves dificultades de flujo de caja. Adicionalmente los propietarios y la contrata principal, deliberadamente, elaboran presupuestos en base a precios bajos, no acordes con las exigencias del proceso constructivo. Ante estas circunstancias la subcontrata opta por reducir costos en cualquier forma, lo que impacta en la calidad del proceso negativamente y además incumple con la entrega oportuna de obras civiles. (Al-Hammad, 2000)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El subcontratista debe emplear un sistema y software que haga más precisa la estimación de los costos basados en las especificaciones y características del proyecto, además de asegurar que la disponibilidad real de sus recursos y procesos de financiamiento de capital se podrán ajustar a la realización del proyecto.</li> <li>- El propietario y/o el contratista principal, desde la fase inicial del proyecto, debe contar con un sistema que analice el diseño, las especificaciones de los recursos a utilizar, información de los costos de construcción. Así el sistema mostrará al propietario una mejor idea del presupuesto y precio del proyecto a utilizar.</li> <li>- Propietario o contrata principal debe desarrollar un sistema que mejore el control de las etapas de construcción y los pagos de avance de obra oportuno al subcontratista.</li> </ul>

Fuente. Elaboración propia.



CUADRO N° 3.3 Categoría planificación, causas principales de retraso, contramedidas

CATEGORÍA	CAUSAS PRINCIPALES	PORQUÉ ?	CONTRAMEDIDAS
Planificación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ineficaz Planificación y Programación del Proyecto por el Contratista.</li> <li>- Ineficaz control de avance del proyecto por contrata y subcontrata.</li> <li>- Ambigüedad en planos de trabajo.</li> <li>- Especificaciones técnicas erradas y/o insuficientes.</li> </ul>	<p>El contratista principal emplea una planificación tradicional para la ejecución de las actividades, por ello elabora una programación general de toda la obra en detalle desde su principio hasta el fin usando técnicas PERT- CPM. El orden de precedencias se establece en función de lo que SE DEBE HACER, independientemente de conocer si se tiene suficientes recursos para hacerlo. Esta planificación irreal, escasa en nivel de certeza, crea gran incertidumbre y variabilidad en la construcción al no controlar las restricciones que pueden tener las actividades planificadas cuando estas se hallan en fase de ejecución. Errores en las especificaciones técnicas, planos de trabajo y las restricciones no planificadas ocasionan continuos paros en obra que conllevan pérdidas de tiempo que retrasan el proyecto y conducen inevitablemente a fallos en la planificación y control que se traducen en pérdidas económicas. (Sanchis Mestre, 2013)</p>	<p>Se propone que el contratista principal implemente el <i>Last Planner System</i>, herramienta de la Filosofía <i>Lean Construction</i>, para planificar la ejecución de las actividades del proyecto. Esta herramienta hace uso del sistema Pull y establece la planificación de lo que SE DEBE HACER teniendo en cuenta lo que SE PUEDE HACER de acuerdo a los recursos, requerimientos previos, restricciones existentes para llegar a precisar lo que SE HARA, y que será exactamente ejecutable. Este cambio de sistema provoca un mejoramiento en los flujos de trabajo y facilita un mejor control de la variabilidad de los proyectos de construcción, lo que evita costosas paradas de obra en la fase de construcción.</p>

Fuente. Elaboración propia.

CUADRO N° 3.4 Categoría comunicación y coordinación, causas principales de retraso, contramedidas

CATEGORÍA	CAUSAS PRINCIPALES	PORQUÉ ?	CONTRAMEDIDAS
Comunicación y Coordinación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lentitud en Toma de decisiones del Contratista.</li> <li>- Cambios en alcance del Proyecto.</li> <li>- Pobre coordinación del contratista con partes involucradas en el Proyecto.</li> <li>- Pobre comunicación del contratista con partes involucradas del Proyecto.</li> </ul>	<p>Es usual que en los sitios donde se realiza la construcción de EBC de telecomunicaciones rurales no existan facilidades de medios de comunicación, tales como, internet, señal telefónica, servicio de distribución de energía. Estas EBC se ubican en Centros Poblados muy alejados de las áreas urbanas en las que si cuentan con condiciones normales de comunicación. Por tanto para enviar información actualizada, o coordinar y controlar abastecimientos según requerimientos de, jefes, coordinadores y cliente es necesario asumir costosas movilizaciones del personal responsable de la ejecución de obra en campo hacia estas zonas urbanas. Esto ocasiona con frecuencia serios retrasos en la toma de decisiones del cliente o contratista principal además de coordinación y comunicación inestable entre las partes involucradas en el proyecto, con el consiguiente retardo de entrega de obras.</p>	<p>Es necesario realizar una evaluación costo beneficio para implementar un sistema de comunicación satelital con terminales móviles, existentes actualmente en el mercado. Este tipo de sistema es de gran utilidad en las áreas rurales o remotas, donde precisamente se edifican las EBC, y en las que no existe cobertura de sistemas de telecomunicaciones convencionales. Con este sistema se incrementa la productividad y seguridad en la obra y gracias a su capacidad de transmisión de datos para operación de correos electrónicos navegación por Internet y aplicaciones en protocolo TCP/IP se tendría información confiable y en tiempo real, lo que agilizaría la toma de decisiones y posibilitaría una mejor coordinación y control de las obras por el personal involucrado en el proyecto.</p>

Fuente. Elaboración propia.

CUADRO N° 3.5 Categoría medio ambiental, causas principales de retraso, contramedidas

CATEGORÍA	CAUSAS	PORQUE ?	CONTRAMEDIDAS
Medio Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mermas-pérdidas de material por entorno de trabajo sin protección-seguridad.</li> <li>- Parámetros técnicos de estudios de suelo errados.</li> <li>- Difícil acceso a ubicación del sitio.</li> <li>- Condiciones Climáticas adversas.</li> </ul>	<p>La dificultad de acceso a la ubicación de las EBC proyectadas, es característica común en este tipo de edificación. Inadecuado almacenaje, acarreo, mal embalaje de materiales que se transportan sobre trochas carrozables deterioradas o inexistentes, ocasionan frecuentes retrasos, daños y pérdidas Regularmente los responsables de las partes del proyecto en campo no priorizan verificar y comunicar a tiempo las correcciones que hubieran lugar de los diferentes parámetros, que figuran como datos en el expediente técnico, tales como, capacidad portante, resistividad de los suelos, tiempo de acarreo, la ubicación de tomas de energía etc., al no comunicarse la corrección de estos parámetros base, impactarían de modo negativo en el presupuesto, causaría fallas en la planificación, duración del proyecto, además de dejar en la indefinición si los retrasos de las actividades son excusables, compensables o no.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contratista y subcontratista deben verificar en campo, antes del inicio de ejecución de obras, los parámetros primordiales de la documentación, señaladas en el expediente técnico del proyecto, que afectan de manera directa el presupuesto y la planificación de la obra (capacidad portante y resistividad de suelos, tiempos de acarreo libres y sobreacarreos) para comunicar de inmediato a responsables del proyecto las correcciones de estos si fuera el caso.</li> <li>- Coordinar con las autoridades del Centro Poblado en el que se sitúe la EBC facilidades para carga protección, autorizaciones de paso y seguridad en la ruta del acarreo de materiales.</li> <li>- Disponer zonas apropiadas para almacenaje de materiales y desperdicios en área de trabajo.</li> <li>- De manera contractual se debe precisar cuándo las tareas afectadas por condiciones climáticas adversas son excusables y/o compensables.</li> </ul>

Fuente. Elaboración propia

### 3.3 Herramientas a aplicar.

Para el propósito de minimizar o eliminar de manera integral las causas de retrasos de obra, y desarrollar con mejor alcance las contramedidas propuestas para cada categoría, es posible hacer uso del modelo de gestión denominado "*Lean Project Delivery System*" (LPDS), el cual es una metodología integral creada por Glenn Ballard el año 2000, quien fusiona lo mejor del *Integrated Project Delivery* y *Lean Construction*, metodología resultante que es adaptable a cualquier tipo de proceso constructivo basado en proyectos, el sistema está orientado a la ejecución sin pérdidas de las actividades de construcción y da un marco conceptual que comprende no solo la parte constructiva de un proyecto sino todo su ciclo de vida, es decir desde la fase de definición del proyecto o pre-diseño hasta la fase de evaluación post-ocupación.

El presente estudio se enfocará básicamente en ampliar la contramedida propuesta a las causas de retraso agrupadas en la categoría Planificación, por las siguientes razones; en primer lugar se puede afirmar que luego de analizar con más hondura las causas de los retrasos principales categorizados en el diagrama de Ishikawa, se tiene que la incertidumbre de las actividades programadas y la variabilidad de las actividades que se ejecutan en el proceso constructivo son unos de las principales generadores de retrasos de obra. Asimismo, el esquema tradicional de planificación y control de la producción empleado en las obras civiles de las EBC de Telecomunicaciones, resulta inefectivo para minimizar el incumplimiento de plazos e incrementar la productividad en los proyectos. Por otra parte el campo de acción que asume MIMCO S.A.C. como contratista principal no nos permite abarcar todo el

sistema de entrega de proyectos *LPDS* sino sólo la etapa de construcción, por estas razones el estudio se centrará en el desarrollo de aquellas herramientas principales que el *LPDS* propone para la fase de Ejecución *Lean* (una de las 5 fases del sistema) y de los 2 módulos que asisten a todas las fases del *LPDS*, los cuales son, el módulo de Control de Producción y el módulo de Trabajo Estructurado, herramientas que permitirán inclusive dar solución a varios de los retrasos consignados en las otras categorías del diagrama causa-efecto elaborado.

## CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1 Implementación del Módulo de Control de Producción del LPDS.

Para poder implementar el control de producción que propone la filosofía LC a través del *Lean Project Delivery System* es primordial hacer uso de su herramienta principal el *Last Planner System* o Sistema del Último Planificador.

Se seleccionó dos EBC rurales que estaban proyectadas en secuencia, conforme a la planificación general del contratista principal y que pertenecían al proyecto Canon de manera que en la fase de ejecución de sus obras civiles fuera posible desarrollar el Plan Maestro requerido como paso inicial del LPS.

- EBC Cupisa.

Ubicada en la provincia de Abancay, región Apurímac.

- EBC Chugay

Ubicada en la provincia de Sánchez Cerro, región La Libertad.

Según el método *Integrated Project Delivery* es necesaria la participación temprana de todos los involucrados en el proyecto, tales como, propietario, consultores, subcontratistas, contratistas comerciales claves, previo a la construcción, de ser posible desde la fase de diseño.

Para el caso en estudio se puede afirmar que en las etapas iniciales del proyecto, la empresa propietaria, cumplió con poner a disposición de todos los participantes del proyecto la mayor información acerca de este, de modo que cada parte pudiera estar consciente de los desafíos y obstáculos que podrían enfrentar y buscar que estas partes comprometan su mejor trabajo para su realización. La empresa propietaria con frecuencia propone reuniones anticipadas con las contratistas principales para que puedan involucrarse en los proyectos desde su fase más prematura, tal como, realizar procesos iniciales de búsqueda de lugares apropiados para ubicar las estaciones a construir. Esta labor la efectúa un equipo de trabajo que lo conforman los responsables autorizados para búsqueda: el de la empresa propietaria, el de la contratista principal quienes realizaran las obras civiles y montaje de torre, del Ministerio de Cultura para analizar la existencia de minas arqueológicas, de la contratista de instalación de energía, y el responsable de la gestora de servicios y búsquedas, quienes se encargaran en el campo de ubicar y seleccionar los sitios candidatos para edificar las EBC del proyecto.

A pesar de este adecuado proceder inicial de la empresa propietaria, es usual que de manera errada, adjudique la construcción de las EBC del proyecto, cuando existe poca holgura de tiempo para ejecutarlas, teniendo los contratistas principales que aceptar contractualmente las obras condicionadas por los plazos de entrega desde el inicio. Este proceder, a su vez, se repite cuando la contratista principal adjudica a sus subcontratistas las diferentes fases del proyecto y se les demanda la movilización urgente de su respectivo personal a obra. Estas condiciones surgieron para el caso en estudio.

En consecuencia, debido a la premura de tiempo el jefe de proyecto de la contratista principal no pudo organizar, antes de que se movilizaran las cuadrillas a campo, la realización de una *Pull Sesión* de inicio, con la participación en conjunto del jefe de obras civiles, jefe de montaje, jefe de logística, y supervisor de la contrata principal, así como a los subcontratistas asignados en cada fase de la obra a ejecutar. Al no desarrollar esta *Pull Session* de inicio se tiene al subcontratista y su personal movilizado a obra, sin tener una mayor precisión de cuáles de las actividades a su cargo añaden valor real al proyecto y son claves para estandarizarse para servir de referente a las posteriores ejecuciones de obra; sin definir qué actividades causan muda-despilfarro; sin que establezcan los requerimientos y coordinaciones necesarias con aquellos subcontratistas asignados a las fases que lo anteceden y suceden; sin disposición y apertura para el trabajo en equipo.

Por tanto, el presente estudio propone la realización obligatoria de esta *Pull Session* de inicio, en conjunto entre los responsables de la contrata principal y los subcontratistas asignados para la ejecución de obra, antes de que se movilicen a campo, para que se acuerde la primera red de compromisos generales y de colaboración entre las partes del proyecto, inculcar la caza de los muda-despilfarro de sus procesos constructivos, propiciar el espíritu de mejora continua, estandarizar los procesos que se ejecuten con pequeñas mejoras e innovaciones, patrocinar una comunicación abierta y mejorada para finalmente tener con mayor confiabilidad la información anticipada de la planificación maestra a ejecutar.

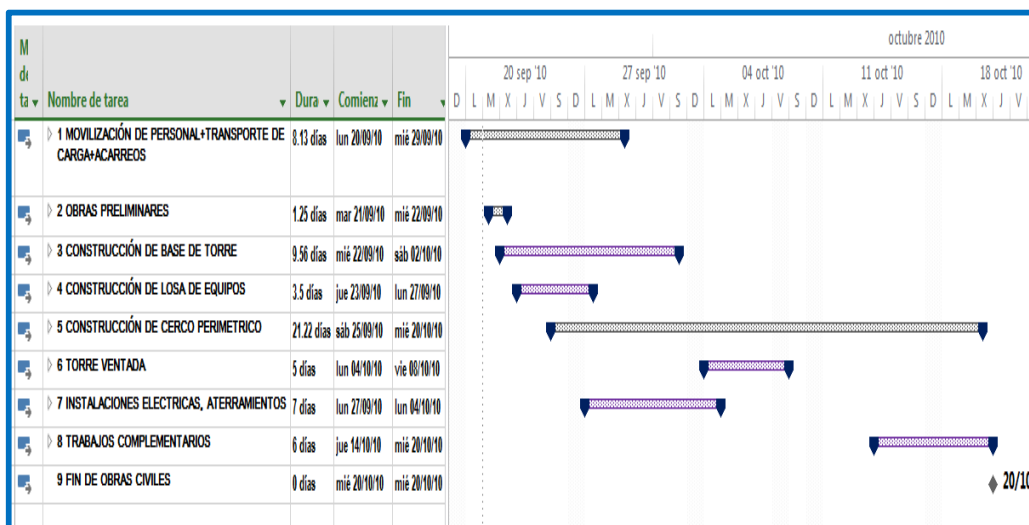


## 4.2 Planificación Maestra. *Master Schedule*.

La planificación maestra o *master schedule* es un plan que identifica los principales acontecimientos o hitos<sup>6</sup> de un proyecto. En este caso se priorizó los hitos que representan los principales acuerdos contractuales con el cliente, tales como, fecha del *kick off* o inicio de la obra civil, inicio de montaje, finalización de instalaciones eléctricas y aterramientos, entrega parcial de obra a subcontratista TI denominada *Pre Instalation Site Meeting* (PISM), etc.

Esta planificación por hitos no requiere el detalle de lo que se hará cada día como ocurre en la planificación tradicional, sino sólo precisar por anticipado las fechas límites de los compromisos principales por cumplir con el cliente. La planificación maestra sirve de base para poder realizar la programación por fases y desprender las programaciones de mediano y corto plazo.

**FIGURA N° 4.1 Planificación Maestra**



*Fuente.* Elaboración propia.

<sup>6</sup> Cada uno de los puntos de control de objetivo intermedio antes de que termine un proyecto.

### 4.3 *Pull Session*. Programación por fases.

Al programar por fases es necesario analizar los trabajos para cumplir cada hito acordado con el cliente. La planificación de la fase se ejecuta con técnicas *Pull*, es decir, realizar sólo las tareas que requiere la actividad sucesora y enfocarse principalmente en los trabajos que añaden valor. La planificación se inicia desde la fecha de entrega de obra hacia atrás, este "*Pulling*" o "Tirar" tareas se convierte en lo más difícil de asumir y aceptar para los diferentes jefes de cuadrilla, pero al verse involucrados en las fases a planificar se observan logros inmediatos. Así, cada jefe de cuadrilla adquiere una mejor comprensión acerca del valor del proyecto y de las necesidades de los otros miembros para la ejecución de sus actividades; perciben que consecuencias negativas pueden resultar de ejecuciones arbitrarias o inadecuadas. Con este propósito se actuó como facilitador para reunir a todos los responsables de ejecutar las fases, ya movilizados en obra, para que participen de una planificación colaborativa de las actividades que comprenden desde las obras preliminares hasta la fecha de entrega de las obras civiles.

De este modo la primera reunión *Pull Sesión* se realizó en el sitio; sin embargo se debe citar que el *LPS* recomienda que para mayor eficacia, esta debe realizarse con antelación, antes de inicio de obras, con participación inclusive del cliente, contratistas y subcontratistas responsables de la ejecución, para luego realizar la siguiente *Pull Session* con personal de los subcontratistas en campo.

A pesar de ello se logró la participación conjunta del:

- Supervisor de obra de la contrata Principal.
- Residente de obra del Subcontratista

- Jefes de cuadrilla operario albañil.
- Jefe de cuadrilla operario habilitador de acero.
- Jefe de cuadrilla Aterramientos y sistema Eléctrico.
- Jefe Montaje de Torre.

Se fijó como objetivos principales de esta *Pull session*:

- Formar en *Pull Session* a los responsables de trabajos finales en obra.
- Identificar los conflictos en la secuencia de actividades.
- Identificar las contingencias y su duración.
- Identificar el solape de tareas.
- Identificar la ruta crítica y holguras de las partidas.
- Formas de mejorar el flujo y liberar restricciones.

El proceso constructivo de las EBC de telecomunicaciones no es complejo ni comprende el uso de ingentes recursos para su ejecución, pero si presenta rasgos muy particulares, en consecuencia se utilizó un procedimiento particular en el tema de sectorización de la obra. Se estableció que el total de partidas se agruparan en fases, y que el área física que involucrara cada fase se asuma como un sector sobre el que las unidades de producción o cuadrillas especializadas que le correspondan ejecutarían el tren de actividades. Así para definir la estructura de la planificación colaborativa se determinaron los siguientes sectores y partidas generales:

S1. Zapatas-Pedestales de Torre y Vientos, Losa de equipos.

S2. Cerco perimétrico:

- Cimientos.
- Sobrecimientos.
- Columnas.

- Muros.
- Viga-Dintel, Viga- collarín.

#### S3. Instalación Estructuras Metálicas:

- Montaje de Torre.
- Plataforma de equipos.
- Soportes, Escalerillas, Cerco.

#### S4. Instalación Sistema Aterramiento y Eléctrico

- Construcción Pozos a tierra.
- Aterramientos y conexiones.
- Instalaciones eléctricas.

#### SC. Trabajos Complementarios:

- Obras Preliminares.
- Pintado. Enripiado. Acabados.

A cada una de las partidas se le asignó un responsable y todos los sectores fueron supervisados por el residente de obra de la subcontrata y el supervisor de la contrata principal. Las programaciones se realizaron por sector.

El procedimiento que se siguió en la *Pull Session*, según las pautas del acápite 2.7.2, se detalla en la figura N° 4.1. Esta primera *Pull Sesión* se completa cuando los miembros reunidos se ponen de acuerdo en la relación que existe entre las actividades, la secuencia, el tiempo de ejecución y cuando tienen los recursos, y el tiempo suficiente para completar los trabajos de modo que puedan asegurar sus compromisos de ejecución respecto de la planificación generada.

### CUADRO N° 4.1 Pautas a seguir en una *pull session*

HOJA DE DESGLOSE DE INSTRUCCIONES DE TRABAJO		
Operación: Pull Session. Herramientas y materiales: Pizarra, post-its de colores, cinta adhesiva, etc.		
PASOS IMPORTANTES	PUNTOS CLAVE	RAZONES
1. Explicar las reglas para participar en una Pull Session.	Centrarse en cómo comunicarse y cómo rellenar los post-its. Centrarse en el hecho de que la Pull Session se hará desde el final hacia el principio.	El equipo se centrará en el proceso y sus aportaciones serán mejores. Se identificará el trabajo necesario y la dependencia entre tareas.
2. Colocar el hito y escribir la fecha de finalización en la pizarra.	Ponerlo en la parte derecha de la pizarra.	La gente lo podrá leer y tendremos espacio para colocar el resto de post-its.
3. Preguntar: "¿Cuál es la última tarea que debemos realizar para lograr este hito?".	Observar a los participantes. Si nadie da una respuesta pedir ayuda al encargado.	El encargado puede ayudar a los participantes a detectar las tareas y mantener la moral del equipo.
4. El ejecutor rellena el post-it.	Un ejecutor por turno.	Reconocer y clarificar la dependencia entre dos tareas.
5. Colocar los post-its en la pizarra.	Comprobar si se rellena correctamente. Colocar el post-it en el lado izquierdo del hito o del último post-it colocado en la pizarra.	Tener buena información. Ayudar a crear flujo y dibujar las flechas.
6. Dibujar la flecha que conecta el post-it con el hito.	De izquierda a derecha.	Aclarar la dependencia. Crear la ruta crítica.
7. Preguntar: ¿Cuál es la tarea que precede a la tarea de la pizarra?	Si nadie contesta, pedir ayuda al encargado. A veces más de una tarea precede a la tarea de la pizarra. En este caso, hay que lidiar con uno cada vez.	El encargado puede ayudar a los participantes a detectar las tareas y mantener la moral. Evitar confusiones a la hora de averiguar y aclarar las dependencias entre tareas.
8. Rellenar el post-it por parte del ejecutor.	Un ejecutor por turno.	Aclarar la dependencia entre dos tareas.
9. Preguntar: ¿Estas tareas tienen una superposición? Si es así preguntar: ¿Cuántos días de solape?	Dibujar una línea discontinua conectando las dos tareas para informar de la superposición y los días de solape.	Identificar el flujo entre dos tareas.
10. Ir al paso 4 hasta que se completen las tareas.		

*Fuente.* Pons Achell, 2014.

Con la intervención directa de los ejecutores de campo se identificaron necesidades y actividades no consideradas en la planificación, a cada restricción hallada, se asignó el responsable que procese su liberación, se convinieron plazos y compromisos en las actividades analizadas que se resumen en el cuadro N° 4.2 y el cuadro N° 4.3.

**CUADRO N° 4.2 Pull Session N°1, resumen principales compromisos y necesidades**

Partida	Fecha a	Compromisos			Necesidades		
	Concluir	Quién?	Qué?	Cuando?	Quién?	Qué?	Cuando?
Zapatas-Pedestales Torre, Vientos, Losas	02/10	Jefe de Obra Subcontrata	Ubicar en sitio Mezcladora 7-9 p3 + Vibradora concreto	23/09	Supervisor de Obra C.P.	Suministrar plantillas para espárragos torre y vientos.	25/09
		Jefe de cuadrilla Operario albañil	04 Probetas por vaciado concreto muestra	23/09	Jefe de cuadrilla Operario albañil	04 Probetas por zapata y losa para muestra	23/09
		Residente de Obra Subcontrata	Resistencia Concreto final f'c = 210 kg /cm2 Zapatas-pedestal-losas	02/10			
		Residente de Obra Subcontrata	Pedestales de viento alineados a torre Desv. max < 5"	30/09			
Cimentacion Cerco	30/09				Residente de Obra Subcontrata	Mezcladora 7-9 p3	28/09
Sobrecimentación Cerco	03/10	Jefe de cuadrilla. Operario albañil	Utilizar Vibradora concreto	03/10	Residente de Obra Subcontrata	Mezcladora 7-9 p3	02/10
Muros Cerco	09/10	Supervisor de Obra C.P.	Precisar ubicación definitiva cuello de ganso	28/09	Residente de Obra Subcontrata	02 Operarios albañil en ladrillos caravista	03/10
Columnas Cerco	27/09	Jefe de cuadrilla Habilitador Ac.	Tener acero columnas habilitado antes de cimentación.	26/09	Residente de Obra Subcontrata	02 Operarios habilitador acero	26/09
Vigas-Dintel-Collarín Cerco	17/10	Residente de Obra Subcontrata	Resistencia Concreto final f'c = 210 kg /cm2	16/10			
Montaje de Torre PISM <sup>7</sup>	10/10	Supervisor de Obra C.P.	Estructuras metálicas 100% s/ especificaciones, puesta en obra	27/09	Jefe de Montaje Torre	Plano EM c/alturas definitiva de soporte de antenas Near End, Far End y orientación pivotantes	03/10
		Supervisor de Obra C.P.	Permiso ingreso a Far End	04/10			
		Jefe de Montaje Torre	Desviación verticalidad de Torre<5mm	10/10			

**Fuente.** Elaboración propia

<sup>7</sup> Pre Installation Site Meeting = Instalaciones listas para entrega a contrata TI. Reunión en sitio.

**CUADRO N° 4.3 Pull Session N°1, resumen principales compromisos y necesidades**

Partida	Fecha	Compromisos			Necesidades		
	Ultima	Quién?	Qué?	Cuando?	Quién?	Qué?	Cuando?
Plataforma de Equipos	09/10	Supervisor de Obra C.P.	Estructuras metálicas 100% según especificaciones, puesta en obra	27/09	Jefe Cuadrilla Armador	Estructuras metálicas acorde especificación técnica.	28/09
		Jefe de Montaje Torre	Plataforma de equipos instalada.	09/10			
Escalera acceso torre, Escalerillas. Soportes. Concertina	10/10	Supervisor de Obra C.P.	Estructuras metálicas 100% según especificaciones, puesta en obra	27/09	Jefe Cuadrilla Armador	Estructuras metálicas acorde especificación técnica.	28/09
		Jefe de Montaje Torre	Soportes + escalerillas instaladas	10/10			
Construcción Pozos a Tierra	30/09	Supervisor de Obra C.P.	Entrega de Planos Sistema Parres definitivo	25/09	Residente de Obra Subcontrata	Planos Sistema Parres definitivo	26/09
Aterramientos. Conexiones	04/10	Jefe Cuadrilla Aterramientos	Conexiones y aterramientos según especificaciones Resistividad < 5Ω	04/10			
Instalaciones Eléctricas	04/10				Supervisor de Obra C.P.	Tablero Eléctrico	04/10
Obras Preliminares	21/09	Residente de Obra Subcontrata	Verificar Capacidad Portante de suelo antes de inicio de obras.	21/09			
Pintado. Enripiado. Acabados	18/10	Residente de Obra Subcontrata	Culminar Acabados incluido revoques	18/10			

*Fuente.* Elaboración propia.

#### **4.4 Planificación Intermedia. *Lookahead Plan*.**

Para tener una ventana del futuro cercano y tener un control eficaz del proyecto se consideró el período de 3 semanas como marco de tiempo conveniente para esta planificación intermedia del LPS; período máximo razonable para poder liberar cualquier restricción que surja como causa de algún imprevisto o variabilidad que afecte el cumplimiento normal de las actividades a ejecutar en las diferentes obras civiles proyectadas para las EBC de telecomunicaciones en el interior del país.

El encargado de realizar el *Lookahead Plan* de 3 semanas es el supervisor de la contrata principal en coordinación directa y continua con el residente de obra de la subcontrata. Luego de tener precisadas las fases e hitos se forman los trenes de actividades para cada sector, estos se detallan en el *Lookahead Plan* y se registran los avances esperados en este formato de programación.

Se elaboró un formato *Lookahead* de Obra, en el cual además de tener las actividades que se realizarán en cada semana para cada fase, se adicionan los recursos no abastecidos en obra y/o restricciones de aquellas actividades no liberadas, asignándole un responsable y el tiempo de procura requerido para su liberación. Los recursos faltantes en obra se visualizan en color azul y las restricciones en color rojo; como se aprecia en la figura N° 4.2. De esta forma el *Lookahead* de Obra permite identificar fácilmente las acciones que se deben realizar para liberar las actividades y sirve de base para elaborar el cuadro de análisis de restricciones.

Se seleccionó aquellas actividades que se estimaban poder ser realizadas en la fecha de programación. Se tomó en cuenta si existían cambios en el diseño, facilidades de mano de obra, disponibilidad de materiales y la



probabilidad de que las actividades previas puedan ser terminadas cuando se necesitaran. Algunas actividades complejas se dividieron en asignaciones u órdenes directas de trabajo para un mejor control. Cuando fue posible se dispuso un grupo de asignaciones denominado "trabajo en reserva", o "buffer" para mantener la eficiencia de la labor si las actividades planeadas no se podían ejecutar o si el personal terminara antes de lo previsto.

**FIGURA N° 4.2 Formato Lookahead. Construcción cerco perimétrico.**  
**Site Chugay**

LOOKAHEAD CHUGAY. CONSTRUCCIÓN DE CERCO PERÍMETRICO																													
DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD/ RESTRICCIÓN/ RECURSOS	UND	CANT	FECHA REQUERIDA	FECHA LÍMITE	RESPONSABLE	Semana 5: 21/10 - 27/10							Semana 6: 28/10 - 3/11							Semana 7: 04/11 - 10/11							CATEGORÍA RESTRICCIÓN		
						Lun	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom	Lun	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom	Lun	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom						
						21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
CONSTRUCCIÓN DE CERCO PERIMETRICO																													
Excavación de zanjas para cimientos																													
Solicitar permisos a autoridades para empleo de explosivos			19-oct-13	31-oct-13	Supervisor C.P.												X	X											
Contratar personal especialista en explosivos			19-oct-13	31-oct-13	Residente Subcontrata												X	X											
Empleo de explosivos para fragmentar rocas en excavación.			19-oct-13	31-oct-13	Residente Subcontrata												X	X											
Habilitación de acero para columnas																													
Fierro de $\phi$ 3/8" por 9.00 m (90.72 kg). Puesto en sitio	Varilla	18	01-nov-13	02-nov-13	Habilitador Acero 1													X		X									
Fierro de $\phi$ 1/2" por 9.00 m (232.6 Kg). Puesto en sitio	Varilla	26	01-nov-13	02-nov-13	Habilitador Acero 1													X		X									
Plantado de columnas de cerco																													
Vaciado de cemento corrido																													
Habilitación de acero para sobrecimientos																													
Fierro de $\phi$ 1/4" por 9.00 m (83.99 kg). Puesto en sitio	Varilla	18	02-nov-13	04-nov-13	Habilitador Acero 1																				X				
Fierro de $\phi$ 1/2" por 9.00 m (187.87 Kg). Puesto en sitio	Varilla	21	02-nov-13	04-nov-13	Habilitador Acero 1																				X				
Colocación de acero para sobrecimientos																													
Encofrado de sobrecimientos. Desencofrado																													
Vaciado de sobrecimientos																													
Asentado de ladrillo																													
Operarios especialistas en asentado ladrillo caravista			09-nov-13	09-nov-13	Residente Subcontrata																							X	
Ladrillo caravista. Puesto en sitio	Und.	3535	01-nov-13	02-nov-13	Residente Subcontrata																						X		

**Fuente.** Elaboración propia.

#### 4.5 Análisis de Restricciones.

Las ubicaciones de las estaciones de telecomunicaciones a construir, sus trochas de acceso, niveles de altitud, la asequibilidad a zonas urbanas comerciales para posible abastecimiento de materiales o servicios, entre otras características a considerar en este tipo de obras, generan particulares restricciones que perjudican el normal desarrollo de las actividades y una alta variabilidad en la ejecución de actividades que hacen inviable la total

estandarización de estas. Como defensa ante esta no deseada variabilidad, propiciada por el entorno de estas obras, se hace uso del análisis de restricciones, herramienta que convierte en eficaz la programación intermedia (*Lookahead Planning*), el cual es un formato simple en Excel (véase fig. 4.3) en el que se colocan las restricciones identificadas y agrupadas por partidas;

**FIGURA N° 4.3 Formato análisis de restricciones. Site Chugay.**

ANÁLISIS DE RESTRICCIONES							
Site:	CUPISA	ID - Cand.:	LR 3158	Model Site:	EBC_GF_TV_42		
Longitud:	73° 17' 24.6"	Latitud:	13° 40' 55.8"	Altitud:	3840 m.s.n.m		
Dirección:	CERRO ANCAHURI	Distrito:	SAN JERONIMO	Provincia:	ANDAHUAYLAS		
Dpto./Región:	APURIMAC	Accesos:	Trocha carrozable 500 mt.	Fecha de control:	28-sep-13		
Sector	Actividad Afectada	Tipo Restricción	Descripción de Restricción	Responsable Liberación	Fecha Compromiso Liberación	Fecha Real Liberación	Estado de Liberación
Zapatas-Pedestales	Excavación zapatas de torre y pedestales	Mano de Obra	Contratar personal de la zona para excavaciones 06	Residente Subcont.	22-sep-13	22-sep-13	Liberado
Zapatas-Pedestales	Habilitación de acero zapatas y pedestales	Material	Fierro de $\phi$ 3/8" por 9.00 m (206.64 kg). Puesto en sitio	Habilitador Acero 1	23-sep-13	23-sep-13	Liberado
Zapatas-Pedestales	Habilitación de acero zapatas y pedestales	Material	Fierro de $\phi$ 1/2" por 9.00 m (295.22 Kg). Puesto en sitio	Habilitador Acero 1	24-sep-13	23-sep-13	Liberado
Zapatas-Pedestales	Habilitación de acero zapatas y pedestales	Material	Fierro de $\phi$ 5/8" por 9.00 m (223.49 Kg). Puesto en sitio	Habilitador Acero 1	30-sep-13		No liberado
Zapatas-Pedestales	Colocación de espárragos en pedestales	Trabajo Adic.	Retiro de impurezas en hiladas de espárragos	Habilitador Acero 2	30-sep-13		No liberado
Losa de equipos	Habilitación y armado de acero para losa	Material	Fierro de $\phi$ 3/8" por 9.00 m (88.64 kg). Puesto en sitio	Habilitador Acero 1	22-sep-13	23-sep-13	Liberado
Losa de equipos	Habilitación y armado de acero para losa	Material	Fierro de $\phi$ 1/4" por 9.00 m (14.22 Kg). Puesto en sitio	Habilitador Acero 1	22-sep-13	23-sep-13	Liberado
Losa de equipos	Vaciado de concreto	Diseño	Pendiente ubicación definitiva ductería aleramiento	Supervisor C.P.	23-sep-13	26-sep-13	Liberado
Losa de equipos	Vaciado de concreto	Equipo	Mezcladora 0.5 m3 puesta en sitio	Residente Subcont.	24-sep-13	27-sep-13	Liberado
Cerco Perimetrico	Excavación de zanjas para cimientos	Mano de Obra	Contratar personal de la zona para excavaciones 04	Jefe Cuadrilla Alb.	22-sep-13	23-sep-13	Liberado
Cerco Perimetrico	Habilitación de acero para columnas	Material	Fierro de $\phi$ 3/8" por 9.00 m (90.72 kg). Puesto en sitio	Habilitador Acero 1	24-sep-13	24-sep-13	Liberado
Cerco Perimetrico	Habilitación de acero para columnas	Material	Fierro de $\phi$ 1/2" por 9.00 m (232.6 Kg). Puesto en sitio	Habilitador Acero 1	24-sep-13	24-sep-13	Liberado
Cerco Perimetrico	Habilitación de acero para sobrecimientos	Material	Fierro de $\phi$ 1/4" por 9.00 m (63.99 kg). Puesto en sitio	Habilitador Acero 1	26-sep-13	25-sep-13	Liberado
Cerco Perimetrico	Habilitación de acero para sobrecimientos	Material	Fierro de $\phi$ 1/2" por 9.00 m (187.87 Kg). Puesto en sitio	Habilitador Acero 1	26-sep-13	25-sep-13	Liberado
Zapatas-Pedestales	Vaciado de concreto	Proveedor	Pendiente envío de plantilla de base de torre y vientos	Supervisor C.P.	28-sep-13		No liberado
Zapatas-Pedestales	Vaciado de concreto	Equipo	Mezcladora 0.5 m3. Asegurar puesta en obra	Residente Subcont.	30-sep-13		No liberado
Zapatas-Pedestales	Vaciado de concreto	Equipo	Vibradora para concreto. Asegurar puesta en obra	Residente Subcont.	30-sep-13		No liberado
Zapatas-Pedestales	Compactado con material de excavación	Equipo	Compactadora. Asegurar puesta en obra	Residente Subcont.	01-oct-13		No liberado
Cerco Perimetrico	Asentado de ladrillo	Material	Ladrillo caravista. Asegurar puesta en obra.	Residente Subcont.	01-oct-13		No liberado
Cerco Perimetrico	Asentado de ladrillo	Diseño	Precisar ubicación definitiva del cuello de ganso	Supervisor C.P.	28-sep-13		No liberado
Cerco Perimetrico	Habilitación de acero para vigas VS-1	Material	Fierro de $\phi$ 3/8" por 9.00 m (90.72 kg). Puesto en sitio	Habilitador Acero 1	01-oct-13		No liberado
Cerco Perimetrico	Habilitación de acero para vigas VS-1	Material	Fierro de $\phi$ 1/2" por 9.00 m (143.14 Kg). Puesto en sitio	Habilitador Acero 1	01-oct-13		No liberado

**Fuente.** Elaboración propia.

para cada una de estas restricciones se compromete a un responsable, quien deberá absolver la restricción y levantarla en una determinada fecha.

Estos compromisos personales anticipados de quienes toman las decisiones finales, son los que dan el soporte de confiabilidad a este proceso de planificación y operan a manera de escudo contra la variabilidad.

Los días sábados se realiza el *Lookahead*, y el análisis de restricciones semanal; se da prioridad de atención como primer análisis a aquellas restricciones que surgen en la nueva semana a considerar en el *Lookahead*,

es decir la nueva tercera semana que en esa fecha debe ingresar en la programación; luego se realiza un seguimiento a las restricciones que ya fueron ingresadas semanas anteriores de manera que cuando se realice la programación semanal se hallen varias actividades libre de restricciones y lista para pasar a la siguiente etapa de programación, es decir contar con un inventario de tareas ejecutables listas para ser programadas.

Se ha agrupado las restricciones encontradas en obra tomando como base la tipología que sugiere el Centro de especialización en Gestión de Producción de la Pontificia Universidad Católica de Chile (GEPUC) (véase cuadro N° 4.4).

**CUADRO N° 4.4 Tipos de restricciones**

TIPOS DE RESTRICCIONES		
1	MATERIALES	MAT
2	DISEÑO-ESPECIFICACIONES	DIS
3	MANO DE OBRA	MO
4	INSPECCIÓN. CALIDAD. REHACER	INS
5	DOCUMENTACIÓN	DOC
6	MAQUINARIA Y EQUIPO	MEQ
7	HABILITACIÓN ZONA DE TRABAJO. ACARREO	HBA
8	MEDIO AMBIENTE	AMB
9	SEGURIDAD. E.P.P.	SEG
10	PROVEEDOR	PRV
11	SUBCONTRATOS	SUB
12	TRABAJO ADICIONAL. OTROS	TRD

*Fuente.* Elaboración propia.

Se efectuó un compendio de las restricciones que se presentaron en el transcurso de la ejecución de las obras civiles de los dos *sítes* en estudio, de manera que el listado de ellos sirva de referente para tomar previsiones en obras futuras y facilite la continuidad del flujo de actividades (véase cuadro N° 4.5).

**CUADRO N° 4.5 Listado de restricciones en obras civiles para EBC telecomunicaciones**

LISTADO DE RESTRICCIONES REFERENCIALES EN OBRAS CIVILES PARA EBC TELECOMUNICACIONES				
Sector	Actividad Afectada	Tipo Restricción	Descripción de Restricción	Responsable Liberación
Zapatas-Pedestales	Excavación zapatas de torre y pedestales	Documentación	Solicitar permisos a autoridades para empleo de explosivos	Supervisor C.P.
Zapatas-Pedestales	Excavación zapatas de torre y pedestales	Trabajo Adicional	Contratar personal especialista en explosivos	Residente Subcontrata
Zapatas-Pedestales	Excavación zapatas de torre y pedestales	Trabajo Adicional	Empleo de explosivos para fragmentar rocas en excavación.	Residente Subcontrata
Zapatas-Pedestales	Solado concreto f'c= 100 kg/cm <sup>2</sup>	Material	Cemento para tareas del sector. Compra-puesta en obra.	Residente Subcontrata
Zapatas-Pedestales	Habilitación de acero zapatas y pedestales	Material	Fierro de $\phi$ 3/8" por 9.00 m (206.64 kg). Asegurar puesta en obra.	Habilitador Acero 1
Zapatas-Pedestales	Habilitación de acero zapatas y pedestales	Material	Fierro de $\phi$ 1/2" por 9.00 m (295.22 Kg). Asegurar puesta en obra.	Habilitador Acero 1
Zapatas-Pedestales	Habilitación de acero zapatas y pedestales	Material	Fierro de $\phi$ 5/8" por 9.00 m (223.49 Kg). Asegurar puesta en obra.	Habilitador Acero 1
Zapatas-Pedestales	Vaciado de concreto	Proveedor	Pendiente envío de plantilla de base de torre y vientos	Supervisor C.P.
Zapatas-Pedestales	Vaciado de concreto	Equipo	Mezcladora 0.5 m <sup>3</sup> . Asegurar alquiler-puesta en obra.	Residente Subcontrata
Zapatas-Pedestales	Vaciado de concreto	Equipo	Vibradora para concreto puesta en obra	Residente Subcontrata
Zapatas-Pedestales	Relleno compactado con material de excavación	Equipo	Compactadora puesta en sitio puesta en obra.	Residente Subcontrata
Zapatas-Pedestales	Excavación zapatas de torre y pedestales	Mano de Obra	Contratar personal de la zona para excavaciones 06 peones	Residente Subcontrata
Zapatas-Pedestales	Colocación de esparragos en pedestal.	Trabajo Adicional	Retro de impurezas en hiladas de esparragos	Habilitador Acero 2
Losa de equipos	Habilitación y armado de acero para losa	Material	Fierro de $\phi$ 3/8" por 9.00 m (80.64 kg). Compra+ acarreo.	Habilitador Acero 1
Losa de equipos	Habilitación y armado de acero para losa	Material	Fierro de $\phi$ 1/4" por 9.00 m (14.22 Kg). Compra+acarreo	Habilitador Acero 1
Losa de equipos	Vaciado de concreto	Equipo	Compactadora puesta en obra. Rentar+acarreo	Residente Subcontrata
Losa de equipos	Vaciado de concreto	Diseño	Pendiente ubicación definitiva ductería aterramiento en losa	Supervisor C.P.
Losa de equipos	Vaciado de concreto	Equipo	Mezcladora 0.5 m <sup>3</sup> . Solicitar a Municipio de localidad+acarreo.	Residente Subcontrata
Cerco Perimetrico	Excavación de zanjas para cimientos	Documentación	Solicitar permisos a autoridades para empleo de explosivos	Supervisor C.P.
Cerco Perimetrico	Excavación de zanjas para cimientos	Trabajo Adicional	Contratar personal especialista en explosivos	Residente Subcontrata
Cerco Perimetrico	Excavación de zanjas para cimientos	Trabajo Adicional	Empleo de explosivos para fragmentar rocas en excavación.	Residente Subcontrata
Cerco Perimetrico	Habilitación de acero para columnas	Material	Fierro de $\phi$ 3/8" por 9.00 m (90.72 kg).	Habilitador Acero 1
Cerco Perimetrico	Habilitación de acero para columnas	Material	Fierro de $\phi$ 1/2" por 9.00 m (232.6 Kg). Acarreo a obra.	Habilitador Acero 1

*Fuente.* Elaboración propia.

#### 4.6 Planificación semanal. *Weekly Work Plan.*

Se acordó realizar una reunión de planificación semanal en obra todos los días sábados. Los participantes comprometidos fueron el supervisor de la contrata principal, el residente de la subcontrata obras civiles, el jefe de montaje y el jefe de aterramiento, quienes eran los responsables de la gestión de recursos en obra, y con la capacidad de asignar a responsables de menor jerarquía el compromiso de levantar restricciones.

En esta implementación no se trabajó precisamente con un inventario de trabajo ejecutable, es decir, conociendo que al liberar las restricciones de una actividad esta se transforma en ejecutable, las actividades pasaban de la

planificación intermedia a ser revisadas por los últimos planificadores y si fuera el caso, ser incluidas en la programación semanal para su ejecución. En definitiva no se elaboró una lista “física” llamada inventario de trabajo ejecutable; pero indirectamente se trabajó con ella, con el formato de análisis de restricciones semanal, la que junto al *Lookahead plan*, definido con anterioridad, nos permitía establecer con claridad las actividades libres de restricciones y ejecutables. En algunos casos surgían nuevas restricciones al avance de obra que obligaban a variar la programación intermedia (escasez de mano de obra en la zona, clima torrencial y ventoso, etc.).

La programación semanal tentativa la elabora el supervisor de la contrata principal y el residente de obra, esta programación era revisada por los participantes citados líneas arriba, quienes a su vez proponían cambios, cuando percibían que algunas asignaciones no eran factibles de ejecutarse en la semana, por otras que si lo eran, teniendo presente no extender los tiempos para las actividades críticas. Una vez establecida las actividades libres de restricciones se procedía a establecer la cantidad de trabajo que se asignaría a cada cuadrilla en la semana.

Aquellas actividades en las que sólo se ejecuta parcialmente el avance planeado en la semana anterior, deben ser reprogramadas la semana siguiente o en su defecto analizar sus causas de no cumplimiento o CNC para asegurarnos si es posible cumplirla o precisar si es necesario aún proveerla de algún recurso extra, corrección de diseño etc.

También se hace necesario la presencia en campo del supervisor junto con los jefes de cuadrilla para visualizar en sitio el avance de obra en todos los

sectores, debido a que usualmente se descubren actividades no contempladas en el *Lookahead Plan* y que deben ser planificadas.

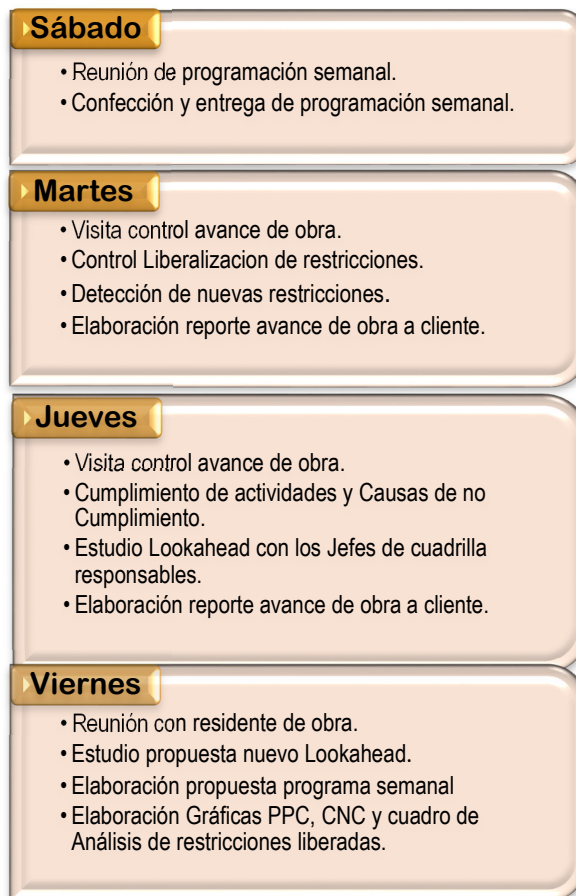
**FIGURA N° 4.4 Formato programación semanal de obra. Site Cupisa**

PROGRAMACIÓN SEMANAL DE OBRA																											
Site: CUPISA Ubicación: Cerro Ancahuiri, San Jerónimo, Andahuaylas, Apurímac. Responsable: Supervisor C.P. Fecha de control: 19 Oct.										PPC (CUMP) 55%	<b>CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO</b> COORDINACIÓN FALLAS-CAUSAS DISEÑO ESPECIFICACIONES MANO DE OBRA MATERIALES INSPECCIÓN REHACER MAQUINARIA Y EQUIPO MEDIO AMBIENTE DOCUMENTACIÓN PROVEEDORES SEGURIDAD - PROTECCIÓN IMPREVISTOS-TRABAJO ADICIONAL	Semana del 14 Oct. al 19 Oct.															
SECTOR	ACTIVIDAD	RESP	Lun	Mie	Jue	Vie	Sab	% CUMPLIMIENTO	PPC	OBSERVACION - APRENDIZAJE																	
			14	15	16	17	18	19	% COMP	% REAL	(CUMP)																
<b>CONSTRUCCIÓN DE CERCO PERIMETRICO</b>																											
	Asentado de ladrillo								50%	50%	1														Pésimo acondicionamiento de acame genera alto % daño en ladrillos		
	Encofrado de columnas de cerco.								100%	100%	1																
	Vaciado de columnas. Desencofrado.								100%	80%	0															Retrasos en el acame a sito de materiales para encofrado.	
	Habilitación de acero para vigas VS-1 + Dintel								50%	50%	1																
<b>MONTAJE DE ESTRUCTURAS METALICAS</b>																											
	Montaje de torre c/escalera acceso								30%	25%	0															Pendiente envío de pivotes con diámetro según nuevo diseño.	
	Instalación Luz de balizaje								100%	100%	1																
	Instalación cable paramayos								100%	100%	1																
	Armado de plataforma de equipos								100%	100%	1																
	Instalación de escaleras rack horizontal								100%	90%	0																Se requiere soldar y taladrar agujeros para adecuar ultimo tramo esc.
<b>INSTALACIONES ELECTRICAS, ATERRIAMIENTOS</b>																											
	Construcción de pozos de tierra								5%	0%	0															01 pozo excede limite de resistividad = 7.5Ω > 5Ω	
	Instalación de Tablero Eléctrico								100%	0%	0																Proveedor no remite a sito vertaguas del tablero.
										1	1	1	1	1	1	2	1										

**Fuente.** Elaboración propia.

En el formato de programación semanal a utilizar (véase figura N° 4.4), se hace un seguimiento a las causas de no cumplimiento para cada actividad programada, con mayor detalle en aquellas que no alcanzaron a realizarse y/o en las que tardaron en demasía. En el formato también se mide en modo binario el porcentaje del plan cumplido o PPC, es decir, si una actividad se programó y alcanzó un 95% su valor será siempre "0" a no ser que alcance el 100% la ejecución de la tarea programada, en cuyo caso su valor será "1". En conclusión este PPC no mide el avance de obra sino en cuánto se ha ajustado la programación a la realidad.

**FIGURA N° 4.5 Acciones de seguimiento y control semanal *last planner system***



*Fuente.* Elaboración propia.

Se resume en la figura N° 4.5 las acciones de seguimiento y control durante la semana que realiza el supervisor responsable de la aplicación del *Last planner system*: La pauta en cada reunión de programación semanal fue como sigue:

- Revisión del PPC de la semana anterior.
- Comentarios acerca de las CNC.
- Revisión de restricciones levantadas en *Lookahead Plan* anterior.
- Definición de restricciones de trabajo en el período planeado.

- Distribución de la programación tentativa para la semana siguiente.
- Revisión y definición del plan de trabajo semanal definitivo.
- Comentario acerca de temas varios ocurridos en la semana.

Se debe señalar que en las últimas semanas, luego de hacerse usual la reunión de los sábados, los diálogos y compromisos se convirtieron en productivos para los participantes, al plantearse soluciones consensuadas a los inconvenientes surgidos durante la semana y con la sensación de considerarse incorporados realmente al proyecto.

Por otra parte la programación diaria de cada fase fue responsabilidad de cada subcontrata a la que correspondía, teniendo como exigencia el cumplimiento de la planificación semanal que se elaboró y consensuó junto al supervisor de la contrata principal. Esta programación diaria debe ser mejorada en adelante, debe contener unidades de medición para cada actividad de modo que se pueda evaluar su avance y deducir rendimientos diarios, tales como, m<sup>2</sup> encofrado sobrecimiento por día, m<sup>3</sup> vaciado de concreto 210 Kg/cm<sup>2</sup> en zapatas y pedestales por día, etc., lo que permitiría comparar productividades en la ejecución de las diferentes obras.

#### **4.7 Porcentaje del Plan Cumplido. *Plan Percent Complete*. (PPC)**

Tal como se expuso con anterioridad, el PPC nos indica si la ejecución de la actividad ha seguido el plan establecido para cada semana, en otras palabras, se trata de comprobar si las promesas realizadas por los *Last Planners*, para ser plasmadas en la semana, se han logrado realmente durante el transcurso de la misma. Este indicador evalúa en efecto, hasta qué punto el sistema del último planificador fue capaz de anticiparse al trabajo que

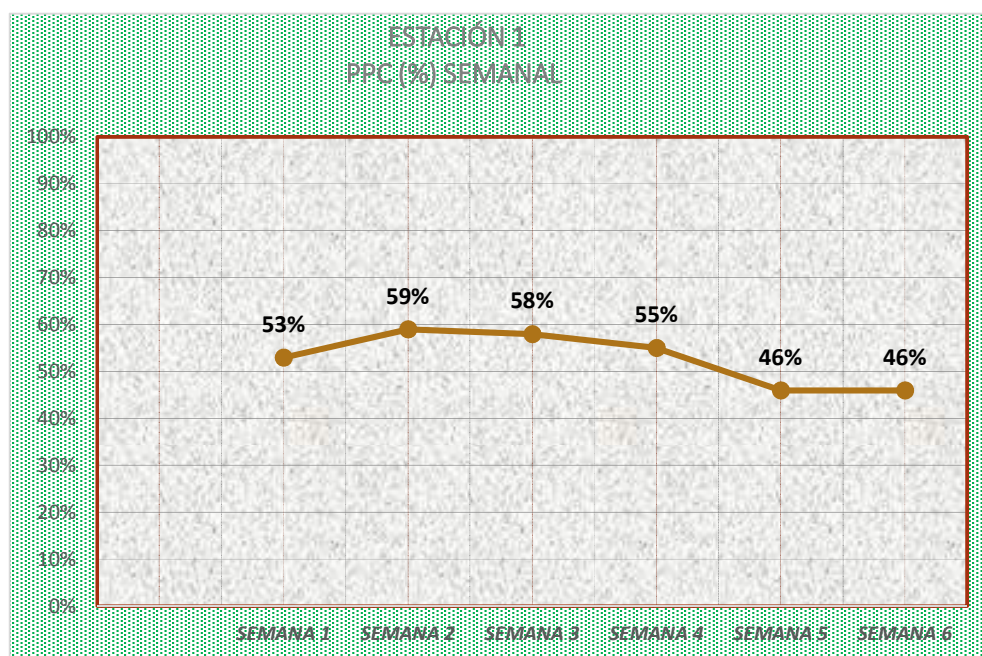


se hará en la semana siguiente; de esta forma refleja la confiabilidad del sistema de planificación para cada obra en particular.

El PPC sirve como herramienta importante de retroalimentación al hacer visibles los errores que se cometen en ciertas tareas asignadas, aprender de ellos y posteriormente implementar mejoras en su ejecución.

El PPC se deduce de manera sencilla, es el cociente obtenido de dividir el número de actividades completadas entre el número de actividades programadas en la semana expresada en porcentaje; así se tiene un porcentaje de cumplimiento del plan para cada programación semanal en el transcurso del proyecto y que nos permite hallar a su vez un resultado acumulado del PPC al final de obra. Con los datos recogidos del control de cumplimiento de las programaciones semanales de cada estación se desarrollan sus graficas PPC.

**FIGURA N° 4.6 PPC (%) semanal estación 1. Site Cupisa.**

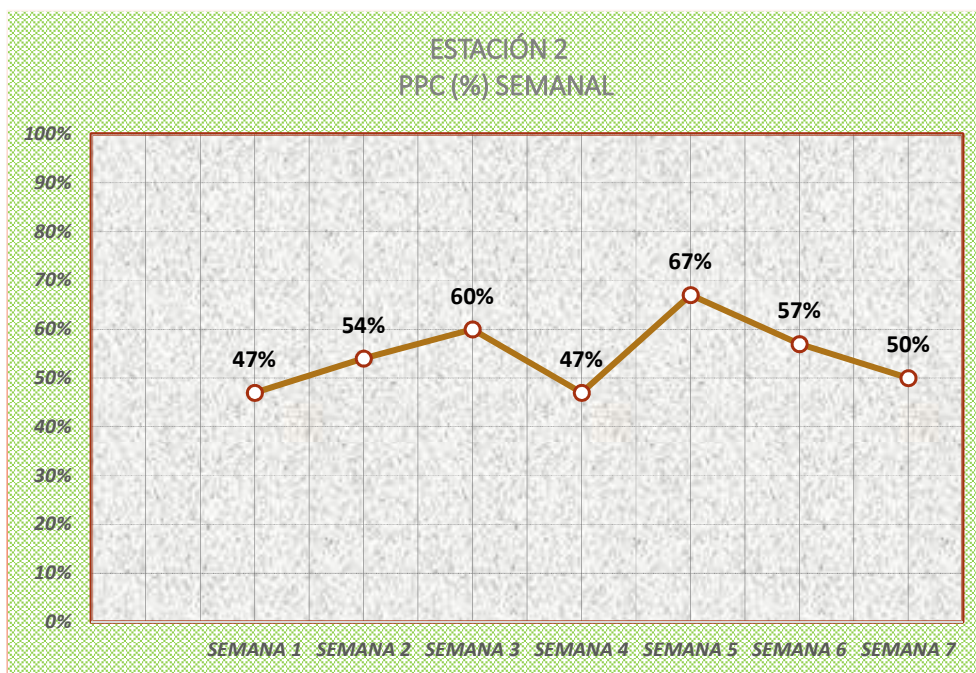


*Fuente.* Elaboración propia.

El gráfico de esta primera estación en la que se inicia la aplicación de la planificación semanal según el *Last Planner System* muestra el esfuerzo inicial durante las primeras tres semanas por cumplir los compromisos semanales de los varios responsables en la liberación de actividades, sin embargo se erró en no tomar previsiones para la ejecución de trabajos bajo condiciones climáticas adversas, lo que se visualiza con claridad a partir del final de la 3era. semana, en las siguientes semanas hubo que programar más actividades de las previstas, incluso actividades con restricciones, que se generaron básicamente por dificultades en el acarreo de materiales a sitio. En la fase de montaje hubo que retrasar por seguridad del personal e imposibilidad de maniobrar, el izaje de los cuerpos de torre como consecuencia de los constantes fuertes vientos en la zona. Por otra parte se presentaron fallas de calidad en el aterramiento, retrasos en entregas de materiales por proveedores, fallas de coordinación entre subcontratas, trabajos rehechos en el montaje de estructuras de escalerillas y otros que a la fecha de entrega se tuvieron aún pendientes y que se reflejaron en el incumplimiento que se visualiza en las últimas semanas del grafico PPC.

En la segunda estación el imprevisto principal se presentó al inicio de obra; en las primeras actividades de excavación se descubrió que el tipo de suelo era rocoso (litosol) y no arcilloso (yermosol) por tanto la capacidad portante del suelo era mayor que la especificada en el estudio de suelos del proyecto facilitada por el cliente. Al requerir el uso de explosivos en las excavaciones,

**FIGURA N° 4.7 PPC (%) semanal estación 2. Site Chugay.**



*Fuente.* Elaboración propia.

se generaron actividades adicionales que incrementaron el período de ejecución programado, hubo retrasos inevitables en el avance de obra al tener que buscar y contratar personal calificado en el empleo de explosivos, obtener autorizaciones previas de las instituciones estatales Ministerio del Interior y Concejo Municipal y cumplir con nuevas exigencias del cliente para justificar los gastos adicionales realizados. Lo citado anteriormente explica el menor PPC obtenido en las primeras semanas por la subcontrata que desarrolla las primeras fases de la obra.

El tipo de suelo rocoso también afectó el avance normal de la fase de aterramiento porque hubo que modificar en su integridad el sistema de puesta a tierra diseñado previamente, el nuevo diseño añadió más pozos a tierra en el anillo de aterramiento para poder cumplir con las especificaciones de resistividad de suelo permitidas  $\leq 5\Omega$ . A esto se agregó el empleo en obra de

un subcontratista no calificado a quien se adjudicó la fase de montaje de torre, este subcontratista se mostró renuente a integrarse debidamente en las reuniones semanales, lo que generó retrasos por fallos de calidad, coordinación, y seguridad de su personal. Ello explica el bajo nivel de cumplimiento en la cuarta semana de la obra, las semanas finales, y la postergación de la entrega de obra al cliente, a quien no pudo justificarse el retraso con propiedad.

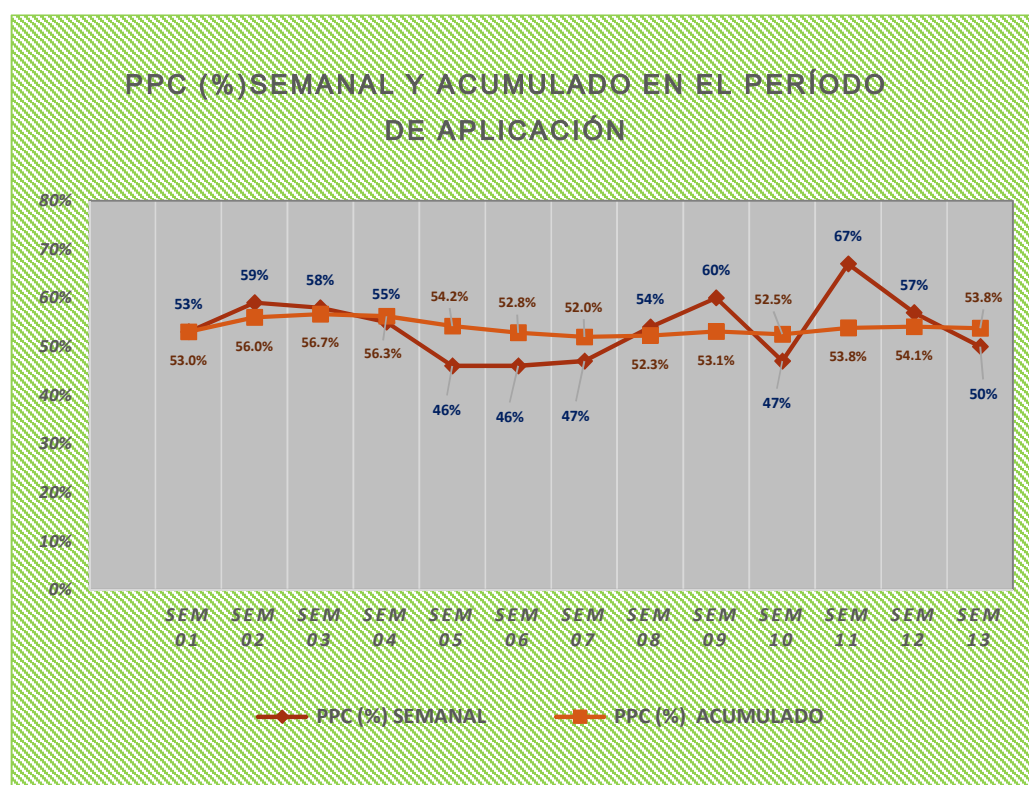
### **Período de Aplicación PPC semanal**

El período de aplicación de la herramienta PPC semanal del sistema del último planificador o *Last Planner System* abarcó 13 semanas, se ajustó las actividades en las programaciones semanales considerando los hitos y fechas comprometidas con el cliente, en especial las fechas de entrega de obra a las contratas responsables de implementar el TI de la estación, y la fecha de entrega final de obras civiles de manera que se puedan evitar las penalidades por demoras consignadas en contrato con el cliente. Con este proceder se evita considerar programaciones que contengan actividades no significativas para el avance de obra y con las que se obtengan porcentajes PPC de hasta 100% irrelevantes, que no hacen sino demostrar que se están programando cantidades de trabajo menores de las que se pueden realizar con los materiales, recursos y plazos disponibles. Se logró que los tiempos finales de ejecución en cada obra fueron menores que el promedio, sin embargo no se pudo evitar penalidades por retrasos.

Se elaboran gráficas de los PPC de cada semana y el PPC acumulado para tener una idea del nivel de acierto en la programación durante todo el

período de aplicación de esta herramienta. En el PPC acumulado que el gráfico 4.8 muestra se tiene que para el periodo de aplicación del *Last Planner System* de las dos obras en estudio se consiguió un porcentaje promedio de cumplimiento de la programación de actividades no menor al 52%, aunque en alguna semana puntual se alcanzó un pico de cumplimiento del 67%. Ballard afirma que en empresas que inician la aplicación del *Last Planner System* no se cumple la tercera parte de las actividades planificadas para el lapso de una semana, lo que representaría un PPC del 67%.

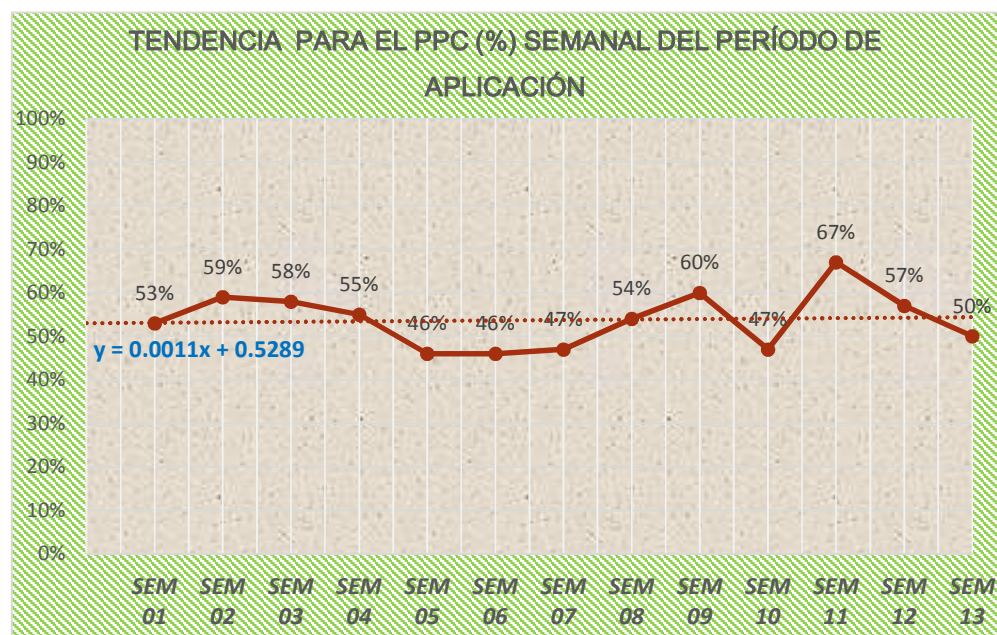
**FIGURA N° 4.8 PPC (%) semanal y PPC (%) acumulado en el período de aplicación**



*Fuente.* Elaboración propia.

Los valores conseguidos revelan que aún existen muchas mejoras por realizar para llegar a niveles medios de empresas que están decididas a implementar la filosofía LC en su integridad. Al deducir la tendencia de los valores obtenidos durante el período de aplicación del PPC (%) semanal (véase figura N° 4.9), tenemos una pendiente positiva lo que nos confirma que el nivel de cumplimiento continuará incrementándose si se sigue implementando esta herramienta del LPS en futuras obras.

**FIGURA N° 4.9 Tendencia del PPC (%) semanal en período de aplicación**



*Fuente.* Elaboración propia.

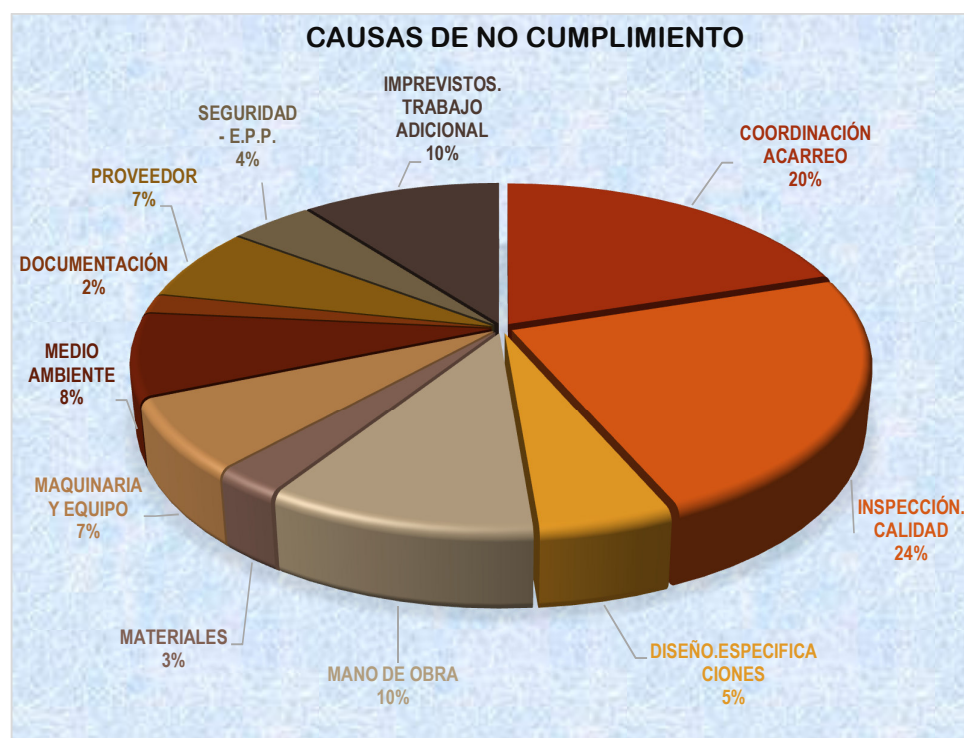
Por otra parte los resultados en otros proyectos de construcción han demostrado que al incrementar sistemáticamente el nivel de cumplimiento de la planificación, es posible lograr un aumento de la productividad general del proyecto. Esta mayor productividad resulta como consecuencia de estabilizar el ambiente de trabajo del proyecto, de manera que la producción fluya en

forma continua, minimizando las interrupciones por presencia de restricciones y falta de recursos.

#### 4.8 Causas de no Cumplimiento. *Non Compliance Causes.* (CNC)

Es necesario poner de manifiesto cuales son las causas de no cumplimiento más importantes sobre los que deben concentrarse los esfuerzos de mejora y precisar en qué orden deben ser resueltos. Las gráficas 4.10 y 4.11 nos dan una visión clara de los principales problemas que se tienen en el período de ejecución para este tipo de EBC.

**FIGURA N° 4.10 Causas de no cumplimiento registradas**

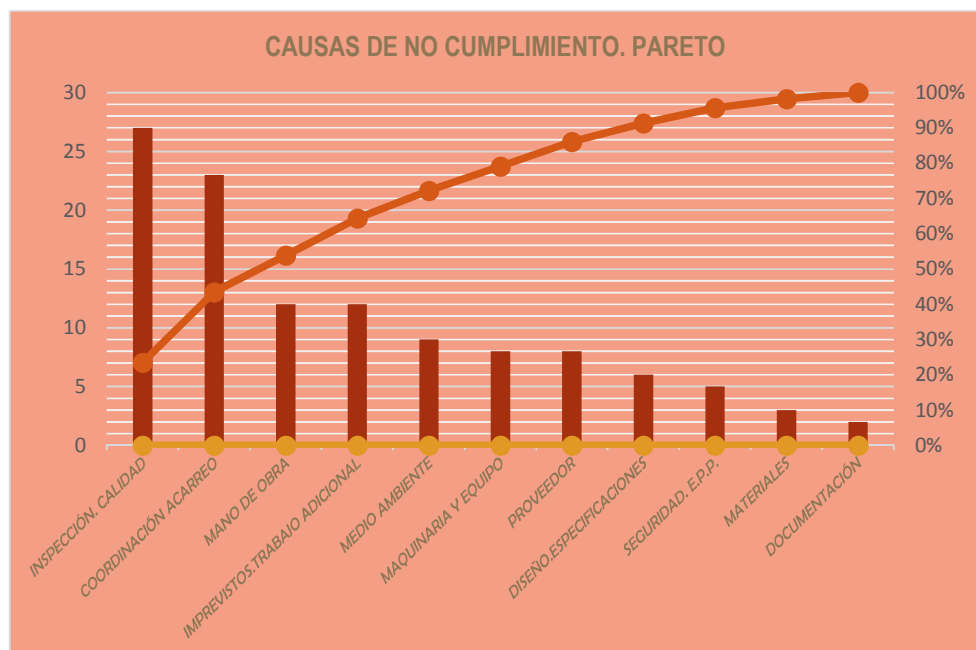


*Fuente.* Elaboración propia.

Se hace uso del diagrama de Pareto para precisar las causas que tienen mayor impacto en el incumplimiento de las actividades y poder enfocarse de manera ordenada en ellas para procurar una mejor ejecución.

La gráfica N° 4.11 evidencia que las coordinaciones en campo de las subcontratas requieren de una mejora inmediata, especialmente en el personal no calificado que usualmente contratan en los centros poblados donde se ubican las estaciones, esto trae como consecuencia fallas de calidad frecuentes que son observadas en las inspecciones de calidad que realiza el supervisor C.P. y el cliente. Por otra parte las subcontratas deben considerar por rutina, medidas preventivas ante la aparición de condiciones atmosféricas desfavorables, para mitigar los despilfarros generados por esta causa, en especial medidas de todo tipo que protejan a los materiales en su acarreo y almacenamiento, los vaciados de concreto y trabajos de acabado..

**FIGURA N° 4.11 Causas de no cumplimiento. Diagrama de Pareto**



Fuente. Elaboración propia



**CUADRO N° 4.6 Porcentaje acumulado de causas de no cumplimiento**

C N C	FRECUENCIA	%	% ACUMULADO
INSPECCIÓN. CALIDAD	27	23%	23%
COORDINACIÓN ACARREO	23	20%	43%
MANO DE OBRA	12	10%	54%
IMPREVISTOS. TRABAJO ADICIONAL	12	10%	64%
MEDIO AMBIENTE	9	8%	72%
MAQUINARIA Y EQUIPO	8	7%	79%
PROVEEDOR	8	7%	86%
DISEÑO. ESPECIFICACIONES	6	5%	91%
SEGURIDAD. E.P.P.	5	4%	96%
MATERIALES	3	3%	98%
DOCUMENTACIÓN	2	2%	100%
<b>TOTAL</b>	<b>115</b>	<b>100%</b>	

*Fuente.* Elaboración propia.

#### **4.9 Aprendizaje en el *Last Planner System*.**

Se puede afirmar que el LPS tiene tres rasgos esenciales: La planificación anticipada, el compromiso con la planificación y el aprendizaje.

En los acápites precedentes se ha dejado establecido que al planificar las actividades con anticipación y aplicar el análisis de restricciones no se autorizará ninguna actividad para su ejecución a menos que los planificadores estén seguros de que las restricciones pueden ser eliminadas a tiempo, de no ser así, no es válido imponer su ejecución. También se ha determinado que los indicadores clave que miden los compromisos que fueron cumplidos por los últimos planificadores con lo planificado se obtienen del PPC, herramienta del LPS que a la vez nos facilita la identificación de lecciones para mejorar las prácticas de trabajo y proceso, lo que nos da buenas oportunidades de aprendizaje. Así cuando algún compromiso asumido, sea de soporte o de

ejecución, no se concreta o no se mantiene, debe proporcionarse una razón que será analizada hasta encontrar su causa raíz y tomar acciones correctivas para evitar que vuelva a repetirse.

La filosofía LC enfatiza el incremento de la productividad introduciendo el espíritu de mejora continua o *Kaizen* en todas los procesos constructivos del proyecto, es decir la búsqueda constante de un método mejorado, que consiste en pequeños progresos, con pequeñas innovaciones, propuestas por cualquier conformante del personal de ejecución en campo y que conducen a una garantía de calidad de los trabajos, una reducción de costos o la entrega de obra al cliente en el plazo fijado. Con este propósito se elaboró una data de las acciones correctivas realizadas para solucionar los problemas, observaciones e imprevistos que se presentaron en el transcurso de las obras, que podrá servir como aprendizaje de acciones de mejoramiento para los responsables de ejecución de nuevas obras civiles, evitar que estas complicaciones se repitan y especializar aún más los métodos a emplear.

**FIGURA N° 4.12 Formato de aprendizaje de acciones de mejoramiento.**

APRENDIZAJE DE ACCIONES DE MEJORAMIENTO EN LA CONSTRUCCIÓN DE EBC			
PARTIDA	DESCRIPCION IMPREVISTOS	ACCIONES CORRECTIVAS	ACCIONES DE MEJORA
Solado concreto $f_c=100 \text{ kg/cm}^2$	Propietario del terreno retrasó autorización de entrega para replanteo	A partir de la gestión del supervisor de obra se logró que el Presidente de la comunidad y sus delegados acordaran en asamblea dar en posesión al comunero afectado un terreno con área semejante en otro lugar de la comuna.	Este retraso debe señalarse como de responsabilidad contractual del cliente. Retraso que debe ser excusable y gastos compensables a favor de la contrata/subcontrata. El cliente debe garantizar contratos de arrendamiento saneados de los terrenos.
Colocación de la armadura de acero	No hay existencias en zona de Fierro de $\phi 5/8$ por 9,00 m.	Subcontrata asignó un encargado para cotizar y efectuar las compras de Fierro de $\phi 5/8$ con urgencia en la ciudad más próxima a la comunidad rural, la cual se situaba a 4 horas del pueblo, para evitar mayores retrasos en obra.	Personal de la subcontrata asignada deben tener conocimiento previo de las facilidades de abastecimiento de los recursos en la zona para asegurar los suministros de materiales según se requiera en la planificación.
Colocación de espárragos para pedestales	Falta limpieza de rebabas en hiladas de espárragos.	Se transportó los espárragos desde el <i>site</i> hasta un taller de soldadura ubicado en el pueblo para que se efectuara la limadura de las rebabas en las hiladas de espárragos.	Realizar un exhaustivo control de calidad a los proveedores de elementos metálicos de torre y equipo antes de que estos se remitan al <i>site</i> . Estimular inspección sucesiva con gafas <i>lean</i> en el personal de campo.
Vaciado de concreto en losa de equipos	No se habilitó acero en la fecha programada.	Al tener que la productividad de la cuadrilla de habilitado de acero contratada (02 operarios + 01 oficial) era menor que la estimada. Hubo que contratar a otro oficial en habilitado de acero para mitigar el retraso de esta partida.	Cuadrilla de habilitado de acero debe conformarse por, 02 operarios + 01 oficial, con el rendimiento requiendo y utilizar equipo portátil de sierra circular para corte de metales, en lugar de cizallas manuales.
Plantado de columnas de cerco	Nro. de estribos por columna no cumplía especificaciones.	Jefe de obra controló el cumplimiento de las especificaciones para el armado de columnas de cerco perimetrico.	Jefe de cuadrilla de habilitado de acero debe ser participe de las <i>pull session</i> semanales y fijar entre sus compromisos, como integrante del LPS ó sistema del último planificador, el cumplir con las especificaciones de armado de columnas.

**Fuente.** Elaboración propia.

#### **4.10 Cartas de Balance.**

La carta de balance junto al LPS y el análisis de restricciones son herramientas importantes del LC que conforman la base para una gestión de obras efectiva.

La medición del nivel de actividad o desempeño del actual proceso constructivo es el punto de partida para implementar un sistema de mejoramiento. A través de técnicas sencillas de medición del trabajo, como las cartas de balance de cuadrillas o muestreo estadístico empleando observaciones aleatorias, se obtiene una medida indirecta de la productividad de la mano de obra, esta medida sirve como un indicador de la eficiencia con la que se están realizando los trabajos en obra.

El principio de mejoramiento del desempeño a través de la carta de balance en los procesos constructivos consiste en categorizar las diferentes actividades que componen el proceso en trabajo productivo, trabajo contributivo y no contributivo; medir porcentualmente el tiempo empleado en la ejecución de estos trabajos por los elementos de la cuadrilla e identificar las causas de ocurrencia de pérdidas, para reducir sus impactos, de modo que se pueda proponer una mejora en la productividad de la mano de obra, al buscar incrementar el trabajo productivo, minimizando el tiempo destinado al trabajo contributivo y eliminando el tiempo de trabajo no contributivo.

Esta herramienta de muestreo del trabajo consiste en numerosas observaciones cortas de la labor de los operarios en su sitio de trabajo, categorizando en tres grupos principales el trabajo realizado en las diferentes actividades por los operarios, oficiales y peones. Se requiere un mínimo de

384 observaciones para ser consideradas estadísticamente válidas con un margen de error del 5% y un nivel de confiabilidad del 95%.

El trabajo para realizar las Cartas de Balance se inicia con un análisis previo, más minucioso de la obra, para elegir correctamente el proceso o actividad que se quiere analizar. En el presente estudio se usó el criterio de seleccionar una de las partidas cuyos resultados operativos en obra, no se consideraba aceptable y que estaba causando pérdidas por baja productividad de la mano de obra o por un mal dimensionamiento de cuadrillas, de modo que al emplear las cartas balance diera la facilidad para el enfoque en eliminar o minimizar las causas de trabajo contributivo y no contributivo que se detectaran en esa partida y permitiera un mejoramiento del desempeño. Otro criterio, no utilizado en el presente estudio, es el de elegir aquellas partidas que tienen mayor incidencia en el presupuesto, ya que al optimizarlo generaría mayor utilidad a la obra.

#### **4.11 Aplicación de la Carta de Balance en partida crítica.**

Para aplicación de la carta balance en esta obra se eligió analizar la partida de vaciado de concreto en zapatas y pedestales de torre y vientos. Esta partida crítica es vital para que fluyan con normalidad las demás fases de la obra civil, como la fase de montaje, la fase de aterramiento, y para el posterior ingreso a obra del personal TI (contrata principal del cliente), de manera que no surjan imprevistos o restricciones de proceso claves que impidan la entrega de obra oportuna. Esto se explica porque sobre los anclajes embebidos en estas cimentaciones armadas se podrá instalar la torre que debe cumplir con el nivel de verticalidad exigida por el cliente, y que servirá de soporte para el

montaje de las antenas *Near End*, cableados coaxiales, fibra óptica, aterramiento u otros equipos de telecomunicaciones proyectados.

#### **4.11.1 Análisis de los flujos en partida crítica.**

Se analizó la partida tal como sugiere Lauri Koskela (2000), quien afirma que, en la industria de la construcción para poder crear valor todo proceso de conversión de material debe fluir con normalidad, y esto ocurre sólo si los siguientes siete flujos no se interrumpen, los cuales son, el flujo de personal o mano de obra, el flujo de información, el flujo de equipo, el flujo de material, el flujo de trabajos precedentes, tener seguras condiciones externas, y espacios de trabajo seguros.

Con respecto a los flujos de información y de personal se debe citar que al no contar en el país con rendimientos específicos de cuadrillas y equipo para la construcción de este tipo de emplazamiento de telecomunicación que sirvan de referentes a utilizar; se adaptan y se toma como referente principal, los rendimientos mínimos oficiales de la mano de obra en la industria de la construcción civil en el ramo de edificaciones, para jornada de 8 horas, que forma parte del Reglamento Nacional de Edificaciones establecido por resolución ministerial del sector y en particular la norma Peruana de Concreto Armado E.060.

Así, dentro de sus especificaciones se tiene que para actividades de vaciado de concreto armado, al emplear una cuadrilla tipo compuesta por 2 operarios, 2 oficiales, 8 peones, y la quinta parte de la jornada de un capataz o jefe de obra; que hacen uso de una mezcladora tambor de (9-11 p3), una vibradora para concreto y boogies para el transporte de concreto,

como máquinas y herramientas esenciales; cifra en 0.4 hh/m<sup>3</sup> el rendimiento *standard* para esta cuadrilla o de 20 m<sup>3</sup>/día en términos de velocidad del desempeño.

Con respecto al análisis del flujo de equipo y materiales se partió del análisis del proceso de vaciado monolítico de concreto en zapatas y pedestales para vientos y torre. Así se tiene que para fabricar el concreto con la calidad y las cantidades requeridas por este tipo de obra civil es indispensable el uso de una mezcladora mecánica de volteo o tambor de 11 p<sup>3</sup>, como capacidad mínima, esta mezcladora homogeniza la mezcla dosificada de agregados, cemento y agua que corresponde a un concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ . Al accionar su mecanismo de descarga vuelca con rapidez la mezcla en los boogies y evita la segregación de la masa del concreto. Asimismo se debe considerar que la distancia del transporte del concreto a través de boogies y el vaciado correcto sobre la armadura de acero de las zapatas y pedestales ya encofrados, debe ser tal que pueda cumplir con el *slump* requerido, por otra parte al usar la vibradora de inmersión debe evitarse el choque con la armadura de acero y las ducterías embebidas para que no perjudique la adherencia del concreto a estas al formarse vacíos, la vibradora debe utilizarse en todo momento de forma vertical a la capa de concreto vaciada, capa que no debe tener un espesor mayor a  $\frac{1}{4}$  de la longitud de la aguja del vibrador, el vibrador no debe permanecer en un punto por más de 30 segundos y no desplazarlo lateralmente para poder restringir la segregación del concreto o la posterior exudación del concreto.

Los requerimientos de materiales, mano de obra y equipo que corresponden a esta partida se pueden apreciar en el análisis de su costo unitario que se muestra en el cuadro N° 4.8.

**CUADRO N° 4.7 Análisis costo unitario partida vaciado de concreto**  
**f'c 210 Kg/cm2 zapatas pedestales**

ANALISIS COSTO PARTIDA EN FUNCIÓN COSTO UNITARIO							
Obra:	EBC Greenfield.		Torre Ventada 60 mt.		Partida N° 2.8		
PARTIDA N° :	Vaciado de concreto f'c = 210 kg/cm2. Zapatas+Pedestales viento(3),torre(1).						
Especificaciones :	Preparación con mezcladora 9-11 p3, vibrador a gasolina de 2" 4 HP vaciado c/canaleta.						
Cuadrilla :	Preparación y vaciado= 0.2 capataz + 2 operarios + 2 oficial + 8 peones Acarreo de concreto en carretilla promedio 15 mt.= 02 peones Curado = 0.1 capataz + 1 peón						
Rendimiento :	Preparado y vaciado= 0.4 hh/m3 o 20.0 m3/día;		Curado= 0.2 hh/m3				
Unidad :	m3		O36				
Total Partida :	7,341	m3	Incluye Partida 2.8b Acarreo concreto. Peón 0.73 hh/m3				
Descripcion		Unid.	Cantidad	Precio Unitario	Cantidad partida	Precio Total	I.U.
Materiales							
Cemento Portland tipo I	bls.	9,730	23,000	71,428	1642,842	21	
Arena gruesa	m3	0,520	80,000	3,817	305,386	04	
Piedra chancada 1/2 *	m3	0,530	120,000	3,891	466,888	05	
Agua	m3	0,331	75,000	2,429	182,141		
Costo de Material					2597,257		
Mano de Obra							
Jefe de Obra (Capataz)	hh	0,090	14,583	0,661	9,635	47	
Operario	hh	0,800	10,133	5,873	59,509	47	
Oficial	hh	0,800	9,170	5,873	53,854	47	
Peón	hh	3,930	8,250	28,850	238,014	47	
Operador equipo liviano	hh	0,800	9,170	5,873	53,854	47	
Costo de Mano de Obra					414,865		
Equipo y herramientas							
Mezcladora de 9-11 p3	h/m	0,400	15,000	3,698	55,470	48	
Vibradora 2*, 4 HP (1)	h/m	0,400	15,000	3,698	55,470	43	
Herramientas 3% M. Obra		0,030	3,366	3,698	12,446	37	
Costo de equipo + Herramientas					123,386		
TOTAL					3135,507		

*Fuente.* Elaboración propia

Sin embargo al realizar el levantamiento de información en campo se observan las condiciones sub-óptimas en las que el trabajo se realiza, no previstas, se detectan fuentes de variabilidad que son habituales para este tipo de obras civiles, que por lo general originan variaciones del diseño

inicial, ocasionando que el producto final obtenido se convierta en único al ser elaborado con las condicionantes singulares que existen en el lugar.

Así se tiene que en la primera obra, al ejecutar esta partida, se halló que en el caso de los agregados a emplear se disponía sólo de arena gruesa extraída de una cantera cercana a la obra, de igual manera el agua empleada provenía de un canal de regadío de la zona por lo que se hizo indispensable realizar de inmediato el estudio del diseño de mezcla, para solicitar la autorización de uso de estos materiales al cliente y evitar rehacer trabajos o una futura paralización de obra. Por otra parte hubo que emplear aditivo acelerante de fragua para garantizar que los elementos del concreto armado puedan ser sometidos a las cargas a aplicar después de 3 días del vaciado. Esto por exigencia del cliente de poner en servicio la estación, lo más pronto posible.

Con respecto al flujo de tareas previas y para efectos de la medición a realizar, se le exigió al jefe de obra de la subcontrata culminar, conforme al plan de trabajo semanal programado, con las tareas precedentes a esta partida e integrar una cuadrilla tipo, tal como precisa el R.N.E. para la ejecución de esta partida. El primer criterio a seguir en el procedimiento de medición de observaciones en campo exige analizar como máximo a 10 trabajadores, así que para no transgredir esta regla se acordó establecer la siguiente cuadrilla, 01 operador de mezcladora responsable de la correcta dosificación para el concreto  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, 01 Jefe de obra quien manipula la vibradora de concreto responsable del vaciado de concreto monolítico en zapatas y pedestales, 01 operario que realiza actividades de encause apropiado del vaciado de concreto con canaletas y tablones



además de transportar el concreto en carretilla, 03 peones dedicados al transporte del concreto en carretilla desde mezcladora de tambor o trompo hasta el punto de descarga en zapatas y 03 peones encargados de acarrear y cargar agregados, cemento, agua a la mezcladora según la dosificación que se les indique. Se tuvo en obra oportunamente la máquina, equipo, herramientas y el espacio seguro requerido para la ejecución del trabajo, sin embargo se debe precisar que se empleó carretillas de 2 pie<sup>3</sup> de capacidad y que la mezcladora no operaba convenientemente a total capacidad.

#### **4.11.2 Mediciones en campo de niveles de actividad productivo.**

El procedimiento de las mediciones en campo es como sigue:

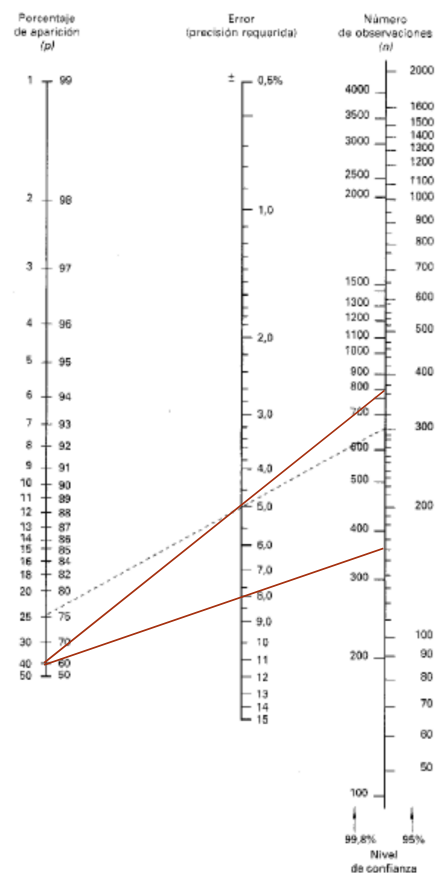
- Se analiza como máximo a 10 trabajadores.
- Responsable de la medición debe ubicarse en un punto en el cual pueda visualizar a toda la cuadrilla trabajando.
- Se toman datos para todos los componentes de la cuadrilla, con preferencia a intervalos de 1 minuto.
- Al realizar la observación a medir se debe identificar la actividad que el trabajador está realizando, buscar el código que le corresponde y anotarlo en el formato de carta balance, accionando de la misma forma con cada integrante de la cuadrilla.
- Se acumulará un total de 384 mediciones para alcanzar un 95% de nivel de confiabilidad con un margen de error del  $\pm 5\%$ .

Se debe señalar que en el levantamiento de información que se llevó a cabo para la ejecución de esta partida en la primera obra (Cupisa), se logró

realizar 160 mediciones, tamaño de muestra que significó alcanzar un 95% de nivel de confiabilidad con un margen de error de  $\pm 8\%$  en sus resultados. niveles que pueden verificarse por el método nomográfico para determinar el número de observaciones sugerido por la Organización Internacional del Trabajo (véase Figura N° 4.13). Se considera apropiado estimar a la aparición de trabajo inactivo o no contributorio una probabilidad del 40% inicialmente para efectos de uso del muestreo, Serpell (1993), y obtener el nivel de confiabilidad del 95%.

**FIGURA 4.13 Aplicación método nomográfico para determinar número de observaciones del muestreo de trabajo**

Figura 90. Nomograma para determinar el número de observaciones



*Fuente.* Elaboración propia

Para realizar un mejor análisis del proceso se debe aplicar el modelo transformación-flujo-valor que propone LC, el cual se enfoca en determinar y diferenciar con claridad las actividades de flujo de un proceso; es decir actividades que no agregan valor, agrupadas como actividades contributivas y no contributivas; de las actividades de conversión netas, llamadas también productivas o actividades que agregan valor.

Para analizar la partida con más profundidad y poder minimizar y/o eliminar sus actividades de flujo, se consideró dividir está en 2 subprocesos:

- subproceso de mezclado para concreto, y
- subproceso de vaciado o colocación de concreto.

La partida consta de dos operaciones de transformación relevantes las que diferencian a cada subproceso y cada una se relaciona con actividades de flujo directas como esperas, transportes e inspecciones que causan despilfarros evidentes, factibles de eliminarlos o minimizarlos.

Por esta razón para un mejor estudio del desempeño de la mano de obra se decidió realizar una carta de balance para cada subproceso y se definieron los trabajos productivos, contributorios y no contributorios de estos subprocesos por separado (véase figuras N° 4.14 y 4.15).

Luego de tener las actividades definidas, se agruparon según tipo de trabajo y se les asoció un código que se utiliza en el formato de carta de balance, para poder asignar con facilidad a cada trabajador de la cuadrilla, la actividad que este ejecutando en el tiempo de observación que correspondía.

**FIGURA N° 4.14 Distribución de los trabajos en subproceso mezclado para concreto f'c 210 Kg/cm<sup>2</sup> zapatas pedestales**

SUBPROCESO MEZCLADO PARA CONCRETO	
TRABAJO PRODUCTIVO	
Cargar agregados-cemento-agua a mezcladora	PCM
Preparación mezcla de concreto	PPM
TRABAJO CONTRIBUTORIO	
Abastecer piedra chancada 1/2" a mezcladora (carret.)	CAP
Abastecer arena gruesa a mezcladora (carret.)	CAR
Abastecer cemento a mezcladora	CAC
Abastecer agua a mezcladora	CAG
Descargar concreto en carretillas	CDC
Trasladar carretilla vacía a regreso del sitio de carga	CCV
Inspección-instrucciones	CII
Ordenar-limpiar	COL
TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	
Esperas	NES
Descanso	NDS
Trabajo rehecho-reparar	NTR
Tiempo ocioso	NTO
Movilizaciones viajes	NMV

Fuente. Elaboración propia

**FIGURA N° 4.15 Distribución de los trabajos en subproceso vaciado de concreto f'c 210 Kg/cm<sup>2</sup> zapatas pedestales**

SUBPROCESO VACIADO CONCRETO	
TRABAJO PRODUCTIVO	
Vaciar concreto c/ carretilla.	PVC
Esparcir concreto c/ pala.	PEC
Vibrado de concreto por inmersión.	PVB
TRABAJO CONTRIBUTORIO	
Recepción de concreto en carretilla	CRC
Transportar concreto en carretilla a sitio de zapata	CTC
Encender vibrador para inicio/reinicio de trabajo	CEV
Movilizar vibrador de inmersión	CMV
Trasladar carretilla vacía a regreso del sitio de carga	CCV
Inspección-instrucciones	CII
Reubicar tablas-canaletas para encausar vaciado	CRT
Ordenar-limpiar	COL
TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	
Esperas	NES
Descanso	NDS
Trabajo rehecho-reparar	NTR
Tiempo ocioso	NTO
Movilizaciones viajes	NMV

Fuente. Elaboración propia.

Al tener asegurado que no se tendrían afectaciones externas como pagos pendientes de algún recurso, falta de autorizaciones, o fallas de entrega por proveedores, salvo la aparición de clima adverso en la zona, se procedió a efectuar la toma de mediciones en campo. Para ello se utilizó el formato que aparece en la figura N° 4.16, y que se empleó para registrar las observaciones de actividad de la mano de obra en los dos subprocesos.

**FIGURA N° 4.16 Carta balance mezclado para concreto f'c 210 Kg/cm2. Formato para registro de datos en campo**

Site : CUPISA		Hora Inicio : 08h30m	
Ubicación : Cerro Ancahuiri, San Jerónimo, Andahuaylas, Apurímac		Hora Fin : 11h09m	
Proceso : Mezclado para concreto 210 Kg/cm2		Intervalo : 01 m	
Muestreador : Supervisor C.P.		Fecha control : 05 Oct	

M.O.	OPER.	PEÓN	PEÓN	PEÓN
Hora	MEZC.	01	02	03
8:30:00	PPM	PCM	CAR	CAG
8:31:00	PPM	NDS	PCM	PCM
8:32:00	CDC	CCV	CCV	NTO
8:33:00	CDC	CAP	CAR	NTO
8:34:00	CDC	CAP	NTO	CCV
8:35:00	CII	NTO	NTO	CAC
8:36:00	PPM	PCM	CAR	NES
8:37:00	PPM	CAP	PCM	NMV
8:38:00	CII	CAP	NTO	CAG
8:39:00	CDC	CAP	NTR	NTO
8:40:00	CDC	CAP	CAR	CAC
8:41:00	PPM	PCM	PCM	CAG
8:42:00	PPM	CCV	CCV	PCM
8:43:00	CDC	CAP	CAR	CCV
8:44:00	CDC	CAP	NMV	CAC
8:45:00	NDS	NTO	CAR	CAG
8:46:00	CDC	NTO	NTO	NTO
8:47:00	NES	CAP	NTO	NTO
8:48:00	PPM	PCM	CAR	CAC
8:49:00	PPM	CCV	CCV	PCM
8:50:00	CII	CAP	NMV	NDS
8:51:00	CDC	CAP	NDS	CAC
8:52:00	NTO	NTO	NTO	NTO
8:53:00	PPM	PCM	NTO	PCM
8:54:00	PPM	CAP	PCM	CCV
8:55:00	CDC	CAP	NES	CAC
8:56:00	CDC	CII	CCV	NTO
8:57:00	CDC	NTO	NTO	NTO
8:58:00	PPM	CAP	CAR	CAG
8:59:00	PPM	PCM	CAR	CCV
9:00:00	CDC	CCV	NTO	NDS
9:01:00	CDC	NES	NDS	NTO
9:02:00	CDC	CAP	CAR	CAC

TRABAJO PRODUCTIVO	
Cargar agregados-cemento-agua a mezcladora	PCM
Preparación mezcla de concreto	PPM

TRABAJO CONTRIBUTORIO	
Abastecer piedra chancada 1/2" a mezcladora (carret.)	CAP
Abastecer arena gruesa a mezcladora (carret.)	CAR
Abastecer cemento a mezcladora	CAC
Abastecer agua a mezcladora	CAG
Descargar concreto en carretillas	CDC
Inspección-instrucciones	CII
Ordenar-limpiar	COL

TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	
Esperas	NES
Descanso	NDS
Trabajo rehecho-reparar	NTR
Tiempo ocioso	NTO
Movilizaciones viajes	NMV

Fuente. Elaboración propia.

Así se tiene que en el primer subproceso se analizan las actividades de la cuadrilla de mezclado conformada por 01 operador de mezcladora y 03 peones que realizan la dosificación, carga, y transporte de los insumos requeridos para obtener como producto el concreto f'c 210 kg/cm<sup>2</sup>, con el slump especificado en el diseño de mezcla, y que será descargado por tandas, en carretillas de 2 p3, que recepcionarán los peones que se asignen para esta labor en la cuadrilla de vaciado de concreto.

**FIGURA N° 4.17 Carta balance vaciado de concreto f'c 210 Kg/cm<sup>2</sup>.**

**Formato para registro de datos en campo**

<b>Site</b> : CUPISA		<b>Hora Inicio</b> : 08h30m	
<b>Ubicación</b> : Cerro Ancahuiri, San Jerónimo, Andahuaylas, Apurímac.		<b>Hora Fin</b> : 11h09m	
<b>Proceso</b> : Vaciado de concreto 210 Kg/cm		<b>Intervalo</b> : 01 m	
<b>Muestreador</b> : Supervisor C.P.		<b>Fecha control</b> : 05 Oct	

M.O.	JEFE OBRA	OFICIAL L 01	PEÓN 04	PEÓN 05	PEÓN 06
8:30:00	NES	CMV	CRC	CRC	NTO
8:31:00	NMV	CII	CTC	CTC	CRC
8:32:00	CEV	NTO	PVC	PVC	NES
8:33:00	CMV	NTO	CCV	CCV	PVC
8:34:00	PVB	NTO	CTC	NES	CCV
8:35:00	PEC	NTO	NTO	CTC	NTO
8:36:00	PEC	NTO	CRC	CII	NTO
8:37:00	PEC	COL	CTC	CTC	CRC
8:38:00	CII	NTO	PVC	PVC	CTC
8:39:00	PVB	CCV	CCV	NTO	PVC
8:40:00	PEC	NTO	NTO	NTO	CII
8:41:00	NTO	NES	CRC	CRC	NTO
8:42:00	PEC	CRC	CTC	NTO	CRC
8:43:00	CMV	NMV	PVC	PVC	CTC
8:44:00	PVC	NTO	CCV	CCV	PVC
8:45:00	PVB	NTO	CTC	NTO	CCV
8:46:00	PEC	NTO	CRT	CTC	NTO
8:47:00	PEC	NTR	NES	NDS	CII
8:48:00	NES	CII	CRC	CRC	NTO
8:49:00	NDS	CRC	CTC	CTC	NTO
8:50:00	CMV	NTO	PVC	PVC	NES
8:51:00	PVB	NTO	COL	CCV	NTO
8:52:00	PEC	NTO	NES	NTO	NDS
8:53:00	PEC	NES	CRC	NTO	CRC
8:54:00	PEC	NTO	CTC	CRC	CTC
8:55:00	CII	NTO	CII	PVC	PVC
8:56:00	PVB	NTO	NTO	CCV	CCV
8:57:00	CEV	CCV	NTO	COL	NTO
8:58:00	CMV	CMV	CRC	CRC	NTO
8:59:00	NTR	CRC	CTC	NES	CRC
9:00:00	CRT	NTO	PVC	CTC	NES
9:01:00	PVC	NTO	CCV	CCV	NTO
9:02:00	PEC	NTO	NTO	CTC	NTO

TRABAJO PRODUCTIVO	
Vaciar concreto c/ carretilla.	PVC
Españar concreto c/ pala.	PEC
Vibrado de concreto por inmersión.	PVB

TRABAJO CONTRIBUTIVO	
Recepción de concreto en carretilla	CRC
Transportar concreto en carretilla a sitio de zapata	CTC
Encender vibrador para inicio/reinicio de trabajo	CEV
Movilizar vibrador de inmersión	CMV
Trasladar carretilla vacía a regreso del sitio de carga	CCV
Inspección-instrucciones	CII
Reubicar tablas-canaletas para encausar vaciado	CRT
Ordenar-limpiar	COL

TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	
Esperas	NES
Descanso	NDS
Trabajo rehecho-reparar	NTR
Tiempo ocioso	NTO
Movilizaciones viajes	NMV

*Fuente.* Elaboración propia.

Luego de realizar el total de observaciones (160) en intervalos de 01 minuto para el período de tiempo programado, se obtuvieron los resultados acumulados de las asignaciones de actividad, estos se registraron en el formato carta balance para el recurso mano de obra de los dos subprocesos en que se dividió la partida en estudio (véase cuadros N° 4.8 y 4.9).

**CUADRO 4.8 Observaciones de actividad asignadas al personal por tipo de trabajo. Cuadrilla mezclado de concreto f'c 210 kg/cm<sup>2</sup> zapatas pedestales**

TIPO	ACTIVIDADES DEL MEZCLADO CONCRETO	OPERAR. MEZC. #	PEÓN 01 #	PEÓN 02 #	PEÓN 03 #
TRABAJO PRODUCTIVO	Cargar agregados-cemento-agua a mezcladora	0.00	23.00	22.00	21.00
	Preparación mezcla de concreto	61.00	0.00	0.00	0.00
	<b>SUBTOTAL TP (#)</b>	<b>61.00</b>	<b>23.00</b>	<b>22.00</b>	<b>21.00</b>
TRABAJO CONTRIBUTIVO	Abastecer piedra chancada 1/2" a mezcladora (carret.)	0.00	71.00	0.00	0.00
	Abastecer arena gruesa a mezcladora (carret.)	0.00	0.00	53.00	0.00
	Abastecer cemento a mezcladora	0.00	0.00	0.00	24.00
	Abastecer agua a mezcladora	0.00	0.00	0.00	26.00
	Descargar concreto en carretillas	68.00	0.00	0.00	0.00
	Trasladar carretilla vacía a regreso del sitio de carga	0.00	15.00	13.00	13.00
	Inspección-instrucciones	8.00	2.00	4.00	4.00
	Ordenar-limpiar	3.00	3.00	3.00	3.00
	<b>SUBTOTAL TC (#)</b>	<b>79.00</b>	<b>91.00</b>	<b>73.00</b>	<b>70.00</b>
TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	Esperas	6.00	2.00	4.00	4.00
	Descanso	3.00	10.00	11.00	11.00
	Trabajo rehecho-reparar	3.00	0.00	4.00	3.00
	Tiempo ocioso	6.00	31.00	41.00	46.00
	Movilizaciones viajes	2.00	3.00	5.00	5.00
	<b>SUBTOTAL TNC (#)</b>	<b>20.00</b>	<b>46.00</b>	<b>65.00</b>	<b>69.00</b>
	<b>TOTAL DE OBSERVACIONES</b>	<b>160.00</b>	<b>160.00</b>	<b>160.00</b>	<b>160.00</b>

*Fuente.* Elaboración propia.

Un apropiado análisis de productividad de mano de obra en la industria de la construcción a través de estudios de muestreo, requiere que las cantidades asignadas a las diferentes categorías de trabajo y a cada una

**CUADRO 4.9 Observaciones de actividad asignadas al personal por tipo de trabajo. Cuadrilla vaciado de concreto f'c 210 kg/cm<sup>2</sup> zapatas pedestales**

TIPO	ACTIVIDADES DEL VACIADO CONCRETO	JEFE OBRA #	OFICIAL 01 #	PEÓN 04 #	PEÓN 05 #	PEÓN 06 #
TRABAJO PRODUCTIVO	Vaciar concreto c/ carretilla.	5.00	11.00	20.00	21.00	11.00
	Esparcir concreto c/ pala.	64.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Vibrado de concreto por inmersión.	25.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	<b>SUBTOTAL TP (#)</b>	<b>94.00</b>	<b>11.00</b>	<b>20.00</b>	<b>21.00</b>	<b>11.00</b>
TRABAJO CONTRIBUTIVO	Recepción de concreto en carretilla	0.00	13.00	28.00	22.00	12.00
	Transportar concreto en carretilla a sitio de zapata	0.00	9.00	35.00	34.00	16.00
	Encender vibrador para inicio/reinicio de trabajo	3.00	6.00	0.00	0.00	0.00
	Movilizar vibrador de inmersión	15.00	4.00	0.00	0.00	0.00
	Trasladar carretilla vacía a regreso del sitio de carga	0.00	6.00	20.00	25.00	13.00
	Inspección-instrucciones	10.00	8.00	3.00	3.00	6.00
	Reubicar tablas-canaletas para encausar vaciado	2.00	19.00	1.00	1.00	1.00
	Ordenar-limpiar	2.00	5.00	5.00	5.00	4.00
	<b>SUBTOTAL TC (#)</b>	<b>32.00</b>	<b>70.00</b>	<b>92.00</b>	<b>90.00</b>	<b>52.00</b>
TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	Esperas	10.00	11.00	10.00	11.00	13.00
	Descanso	4.00	5.00	4.00	5.00	5.00
	Trabajo rehecho-reparar	4.00	2.00	2.00	0.00	0.00
	Tiempo ocioso	12.00	53.00	29.00	31.00	75.00
	Movilizaciones viajes	4.00	8.00	3.00	2.00	4.00
	<b>SUBTOTAL TNC (#)</b>	<b>34.00</b>	<b>79.00</b>	<b>48.00</b>	<b>49.00</b>	<b>97.00</b>
	<b>TOTAL DE OBSERVACIONES</b>	<b>160.00</b>	<b>160.00</b>	<b>160.00</b>	<b>160.00</b>	<b>160.00</b>

*Fuente.* Elaboración propia.

de las tareas que la componen estén expresadas porcentualmente; de manera que se pueda estimar, con mejor referencia, el modo en que el tiempo de trabajo disponible está siendo utilizado por el personal (véase cuadros 4.10 y 4.11)

De esta forma fácilmente se puede graficar el porcentaje general del uso del tiempo de las cuadrillas por tipo de trabajo (véase figuras 4.18 y 4.19).

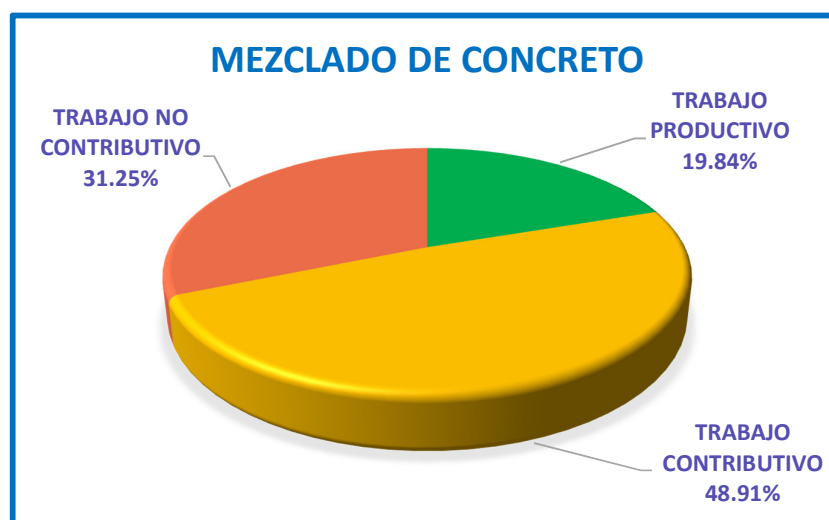


**CUADRO 4.10 Porcentaje del tiempo asignado al personal por tipo de trabajo. Cuadrilla mezclado de concreto zapatas pedestales**

TIPO	ACTIVIDADES DEL MEZCLADO CONCRETO	OPERAR. MEZC. %	PEÓN 01 %	PEÓN 02 %	PEÓN 03 %	TOTAL %
TRABAJO PRODUCTIVO	Cargar agregados-cemento-agua a mezcladora	0.00	14.38	13.75	13.13	10.31
	Preparación mezcla de concreto	38.13	0.00	0.00	0.00	9.53
	<b>SUBTOTAL TP (%)</b>	<b>38.13</b>	<b>14.38</b>	<b>13.75</b>	<b>13.13</b>	<b>19.84</b>
TRABAJO CONTRIBUTIVO	Abastecer piedra chancada 1/2" a mezcladora (carret.)	0.00	44.38	0.00	0.00	11.09
	Abastecer arena gruesa a mezcladora (carret.)	0.00	0.00	33.13	0.00	8.28
	Abastecer cemento a mezcladora	0.00	0.00	0.00	15.00	3.75
	Abastecer agua a mezcladora	0.00	0.00	0.00	16.25	4.06
	Descargar concreto en carretillas	42.50	0.00	0.00	0.00	10.63
	Trasladar carretilla vacía a regreso del sitio de carga	0.00	9.38	8.13	8.13	6.41
	Inspección-instrucciones	5.00	1.25	2.50	2.50	2.81
	Ordenar-limpiar	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88
	<b>SUBTOTAL TC (%)</b>	<b>49.38</b>	<b>56.88</b>	<b>45.63</b>	<b>43.75</b>	<b>48.91</b>
	<b>TOTAL (%)</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>
TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	Esperas	3.75	1.25	2.50	2.50	2.50
	Descanso	1.88	6.25	6.88	6.88	5.47
	Trabajo rehecho-reparar	1.88	0.00	2.50	1.88	1.56
	Tiempo ocioso	3.75	19.38	25.63	28.75	19.38
	Movilizaciónes viajes	1.25	1.88	3.13	3.13	2.34
	<b>SUBTOTAL TNC (%)</b>	<b>12.50</b>	<b>28.75</b>	<b>40.63</b>	<b>43.13</b>	<b>31.25</b>

Fuente. Elaboración propia.

**FIGURA N° 4.18 Porcentaje de uso del tiempo por tipo de trabajo**



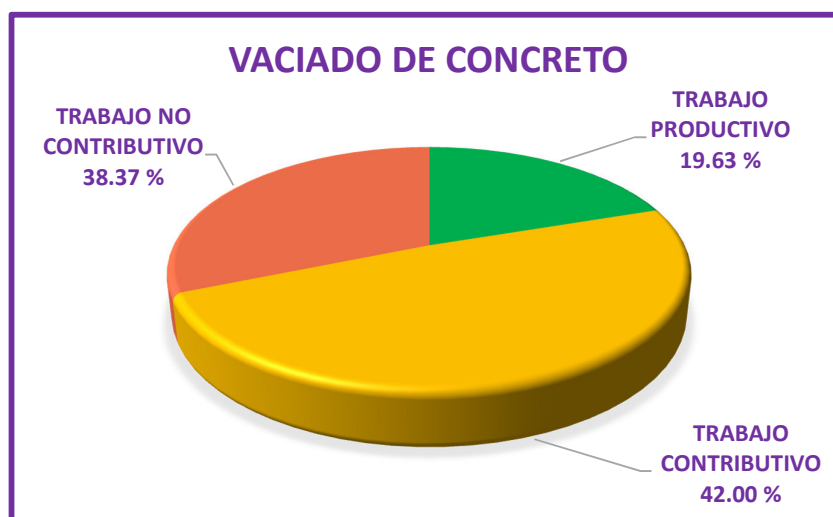
Fuente. Elaboración propia.

**CUADRO 4.11 Porcentaje del tiempo asignado al personal por tipo de trabajo. Cuadrilla vaciado de concreto zapatas pedestales**

TIPO	ACTIVIDADES DEL VACIADO CONCRETO	JEFE OBRA %	OFICIAL 01 %	PEÓN 04 %	PEÓN 05 %	PEÓN 06 %	TOTAL %
TRABAJO PRODUCTIVO	Vaciar concreto c/ carretilla.	3.13	6.88	12.50	13.13	6.88	8.50
	Esparcir concreto c/ pala.	40.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00
	Vibrado de concreto por inmersión.	15.63	0.00	0.00	0.00	0.00	3.13
	<b>SUBTOTAL TP (%)</b>	<b>58.75</b>	<b>6.88</b>	<b>12.50</b>	<b>13.13</b>	<b>6.88</b>	<b>19.63</b>
TRABAJO CONTRIBUTIVO	Recepción de concreto en carretilla	0.00	8.13	17.50	13.75	7.50	9.38
	Transportar concreto en carretilla a sitio de zapata	0.00	5.63	21.88	21.25	10.00	11.75
	Encender vibrador para inicio/reinicio de trabajo	1.88	3.75	0.00	0.00	0.00	1.13
	Movilizar vibrador de inmersión	9.38	2.50	0.00	0.00	0.00	2.38
	Trasladar carretilla vacía a regreso del sitio de carga	0.00	3.75	12.50	15.63	8.13	8.00
	Inspección-instrucciones	6.25	5.00	1.88	1.88	3.75	3.75
	Reubicar tablas-canaletas para encausar vaciado	1.25	11.88	0.63	0.63	0.63	3.00
	Ordenar-limpiar	1.25	3.13	3.13	3.13	2.50	2.63
	<b>SUBTOTAL TC (%)</b>	<b>20.00</b>	<b>43.75</b>	<b>57.50</b>	<b>56.25</b>	<b>32.50</b>	<b>42.00</b>
TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	Esperas	6.25	6.88	6.25	6.88	8.13	6.88
	Descanso	2.50	3.13	2.50	3.13	3.13	2.88
	Trabajo rehecho-reparar	2.50	1.25	1.25	0.00	0.00	1.00
	Tiempo ocioso	7.50	33.13	18.13	19.38	46.88	25.00
	Movilizaciones viajes	2.50	5.00	1.88	1.25	2.50	2.63
	<b>SUBTOTAL TNC (%)</b>	<b>21.25</b>	<b>49.38</b>	<b>30.00</b>	<b>30.63</b>	<b>60.63</b>	<b>38.38</b>
<b>TOTAL (%)</b>		<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

Fuente. Elaboración propia.

**FIGURA N° 4.19 Porcentaje de uso del tiempo por tipo de trabajo**



Fuente. Elaboración propia.

#### 4.11.3 Análisis de resultados en carta balance de partida crítica.

Aún más importante, a partir de los resultados porcentuales hallados se pueden definir para cada recurso sus coeficientes de participación, sus niveles de actividad real y sus niveles de actividad relativa, parámetros principales que se obtienen como resultados del muestreo que corresponde a la carta balance de las tareas observadas

Para establecer estos parámetros es preciso inicialmente definir dos períodos; primero el tiempo que el recurso está presente durante la ejecución del subproceso, es decir no considerar el tiempo en el que el recurso (personal) se ausenta del área de trabajo para realizar actividades de flujo no contributivas de descanso y/o movilizaciones, y como segundo período, el tiempo en el que el recurso trabaja, es decir considerar el tiempo en el que cada componente de las cuadrillas realiza tareas productivas o de conversión, y actividades de flujo contributivas (véase cuadros N° 4.12 y 4.13).

**CUADRO N° 4.12 Niveles de actividad y participación de los recursos observados en la cuadrilla de mezclado de concreto**

RECURSOS	NIVEL DE ACTIVIDAD REAL (%)	COEFICIENTE DE PARTICIPACIÓN	NIVEL DE ACTIVIDAD RELATIVO (%)
OPER. MEZC.	90	0.97	88
PEÓN 01	78	0.92	71
PEÓN 02	66	0.90	59
PEÓN 03	63	0.90	57

. Fuente. Elaboración propia

**CUADRO N° 4.13 Niveles de actividad y participación de los recursos observados en la cuadrilla de vaciado de concreto**

RECURSOS	NIVEL DE ACTIVIDAD REAL (%)	COEFICIENTE DE PARTICIPACIÓN	NIVEL DE ACTIVIDAD RELATIVO (%)
JEFE OBRA	83	0.95	79
OFICIAL 01	55	0.92	51
PEÓN 04	73	0.96	70
PEÓN 05	73	0.96	69
PEÓN 06	42	0.94	39

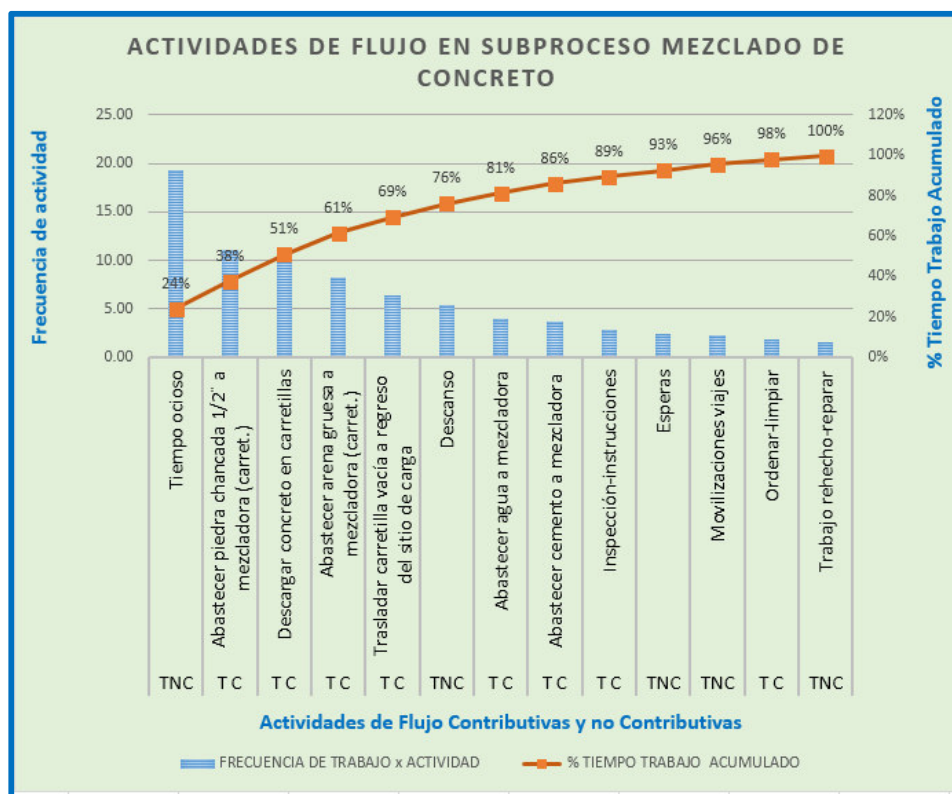
*Fuente.* Elaboración propia.

Al establecer los parámetros de actividad y participación de cada componente de las dos cuadrillas podemos deducir inicialmente que:

- En la primera cuadrilla los peones 02 y 03 asignados para la carga de la dosificación de agregados, agua y cemento no superan el 65% de actividad relativa, sus altos porcentajes de trabajos contributivos 48.91% y no contributivos 31.25% nos indican que existe una veta importante de reducción y/o eliminación de actividades de flujo, si es que se analiza con más rigurosidad el proceso empleado para una posible reasignación de tareas que permita elevar sus niveles de actividad.
- Con respecto a la segunda cuadrilla los parámetros hallados evidencian que existe una sobredotación del recurso, se tiene al peón 06 con un nivel de actividad relativa de 39%, cuyas actividades podrían ser fácilmente absorbidas por el resto del personal que conforma la cuadrilla de vaciado de concreto. Igualmente hallamos altos porcentajes de tiempo de trabajo contributivo 42% y no contributivo 38.37% consumidos en actividades de flujo que requieren propuestas de mejora.

Identificados los aspectos generales a mejorar en los dos procesos en los que se dividió esta partida, es conveniente utilizar la curva de Pareto para determinar aquellas actividades de flujo que son origen de mayor despilfarro o muda y enfocar el esfuerzo a reducir los tiempos improductivos, para reformar el método constructivo que se emplea y mejorar la productividad de la mano de obra. Para ello se desagregan los resultados de la medición de tiempos de trabajo estimados de las actividades de flujo contributivas y no contributivas en cada subproceso (véase figuras N° 4.20 y 4.21).

**FIGURA N° 4.20 Diagrama de Pareto de las actividades de flujo en subproceso mezclado de concreto**



*Fuente.* Elaboración propia.

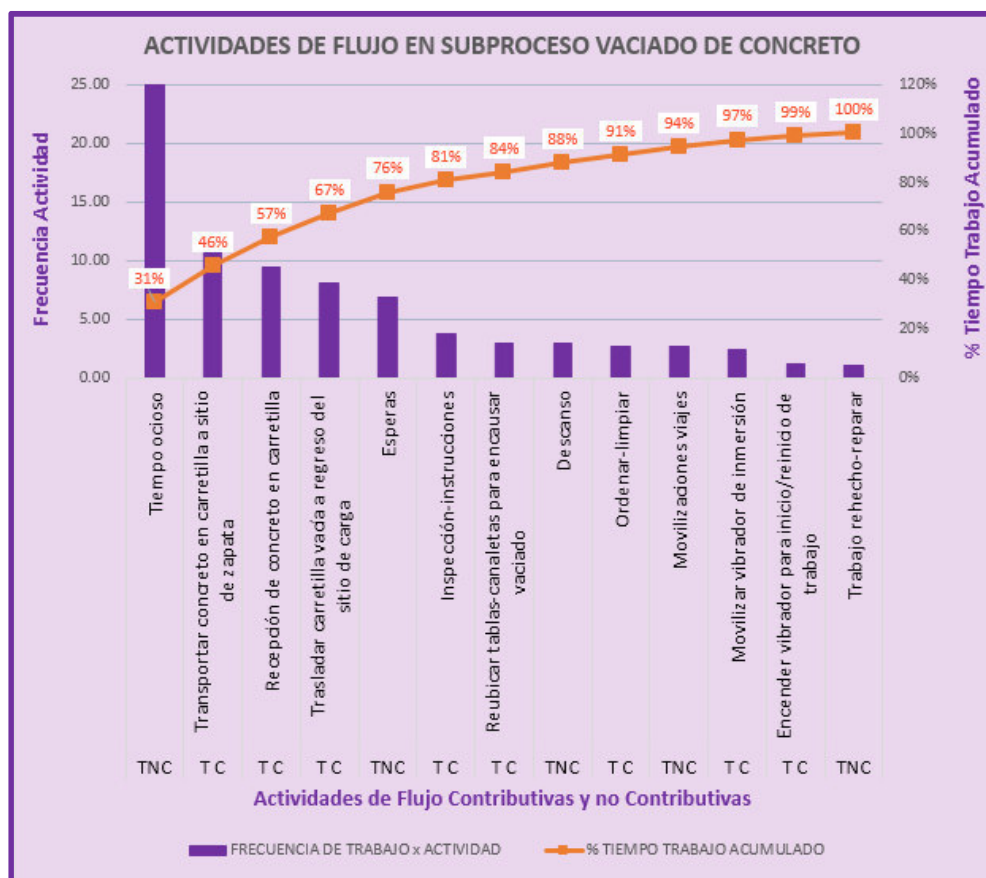
Desde la perspectiva de la ingeniería industrial se podría señalar que la carta balance es una variante de la aplicación del diagrama de actividades múltiples para un proceso que consta de una máquina y un grupo o cuadrilla de operarios y, además afirmar que el tiempo condicionado por la máquina utilizada, mezcladora de tambor, es la fuente principal de tiempos no ocupados en cada elemento de las cuadrillas de mezclado y de vaciado de concreto. Los resultados del muestreo para estos tiempos no ocupados, se tienen acumulados como trabajo no contributorio con la denominación de tiempo ocioso y es la primera fuente de despilfarro debido a que consume el 24% del tiempo de las actividades de flujo que se ejecutan según el método constructivo en el mezclado de concreto e impacta también en el 31% del tiempo de las actividades de flujo del vaciado y colocación del concreto.

En el diagrama de Pareto de la figura N° 4.20 se visualiza con claridad que las actividades de flujo contributivas de carga y transporte de agregados, agua y cemento hacia la mezcladora, además del descanso y tiempo ocioso mencionado, constituyen el 81% de las actividades de flujo relevantes que deben ser objeto de estudio y mejora.

De igual manera en la figura N° 4.21 se tiene que dentro del 81% de las actividades de flujo relevantes del subproceso de vaciado y colocación de concreto, se aprecia que la actividad de flujo de transporte y descarga en sitio del concreto elaborado, consume tiempos contributivos en exceso que deben ser reducidas planteando mejoras a las trayectorias con carretilla cargada y vacía, y reajustando el número de componentes de la cuadrilla.

Al efectuar las mediciones en campo se observó que la central de mezcla e insumos del concreto se ubicaron junto a la zapata de uno de los vientos.

**FIGURA N° 4.21 Diagrama de Pareto de las actividades de flujo en subproceso vaciado de concreto**



*Fuente.* Elaboración propia.

El método constructivo que emplee estas actividades de flujo contributivas debe procurar que en su totalidad, puedan ser ejecutadas dentro del tiempo condicionado por la máquina o mezcladora de concreto tambor tipo trompo 11p3, es decir convertirlas en trabajos interiores con respecto a la máquina; sin embargo se pudo observar reiteradas ejecuciones de trabajo extenor, teniendo a la máquina parada o en espera,

en la mayoría de estos trabajos contributivos. Además se apreció que la mala disposición de los agregados en el terreno obliga a que estas actividades se desarrollen en espacios extensos.

En relación al tiempo que acumula la otra actividad de flujo relevante denominada descanso, agrupada como trabajo no contributivo, se puede considerar como tolerable, en razón de que, según los procedimientos de estudios de trabajo, cuando se determina el tiempo estándar de los elementos manuales que comprende un ciclo de trabajo deben contar con suplementos por fatiga y por necesidades personales. Para el caso en estudio, debe considerarse necesario un tiempo no contributivo de descanso que muestre en los resultados de la carta balance a los suplementos fijos citados, y que debería añadir además algún suplemento variable por exposición del personal a malas condiciones ambientales y de seguridad que deben aplicarse a la jornada o turno de trabajo y que forme parte del contenido de trabajo de cada subproceso. Por otro lado se advirtió que el jefe de obra no considera, ni tiene definido en que momento el personal debe hacer uso de estos tiempos, los cuales deben ser dispuestos tal como se disponen los suplementos por descanso en la determinación de los tiempos tipo.

La mezcladora para concreto tipo tambor 11p3, que es usada en esta partida, de forma usual es alquilada por las subcontratas a establecimientos de los centros poblados cercanos a la zona de trabajo, en consecuencia no se garantiza que el tiempo de marcha de la máquina sea de norma, es decir no funcione en condiciones óptimas y si con bajo rendimiento, es más, siempre es probable que al operar estas máquinas se hallen tiempos



mueritos por pequeñas fallas en los engranajes, falta de combustible en el lugar y con tiempos accesorios para limpieza, y posicionamiento, esto a pesar de que el tiempo utilizable<sup>8</sup> de la máquina este asegurado. Si se aplicara el índice de utilización efectiva<sup>9</sup> en estas mezcladoras rentadas, se hallarían valores muy por debajo de los rangos de utilización normales.

Estos períodos de reducción del tiempo de marcha de norma de la mezcladora son otra fuente de incremento del tiempo ocioso y de espera en las actividades de flujo no contributivas de las cuadrillas.

Al observar los resultados individuales de los conformantes de la cuadrilla de mezclado (véase figura N° 4.22), se tiene a los peones que cargan y transportan arena, agua y cemento con muy altos valores de TNC, 40.63% y 43.13% respectivamente, y con muy bajo nivel de actividad relativa 59% y 57%, resultados completamente inadmisibles, lo que nos sugiere una necesaria reasignación de sus actividades y el replanteo inmediato del método constructivo que sigue este subproceso.

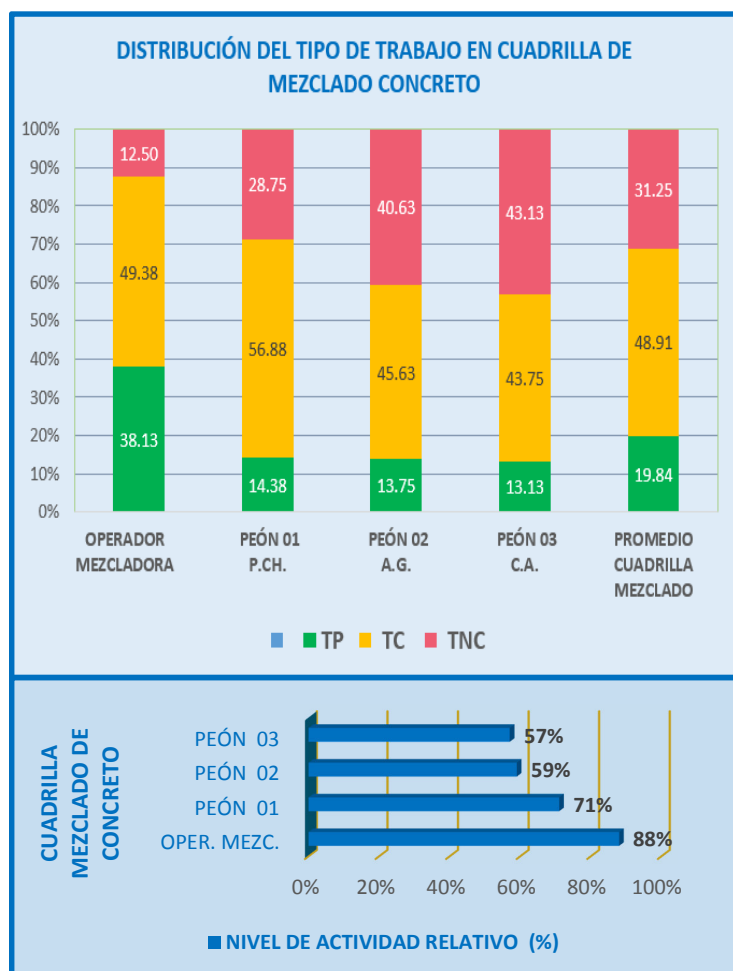
Por otra parte los resultados individuales que arroja la cuadrilla de vaciado de concreto (véase figura N° 4.23), nos muestra que las actividades de tipo TP y TC (6.88%, 32.50%) que ejecuta el peón 06 pueden ser fácilmente absorbidas por los otros componentes de la cuadrilla. Su nivel de actividad relativa alcanza sólo el 39% y causa un serio despilfarro de TNC del 60.63% en su tiempo disponible

---

<sup>8</sup> Jornada de trabajo + horas extras o tiempo en que máquina tiene personal quien lo atienda.

<sup>9</sup> Índice de utilización efectiva = Tiempo de marcha de norma/Tiempo utilizable.

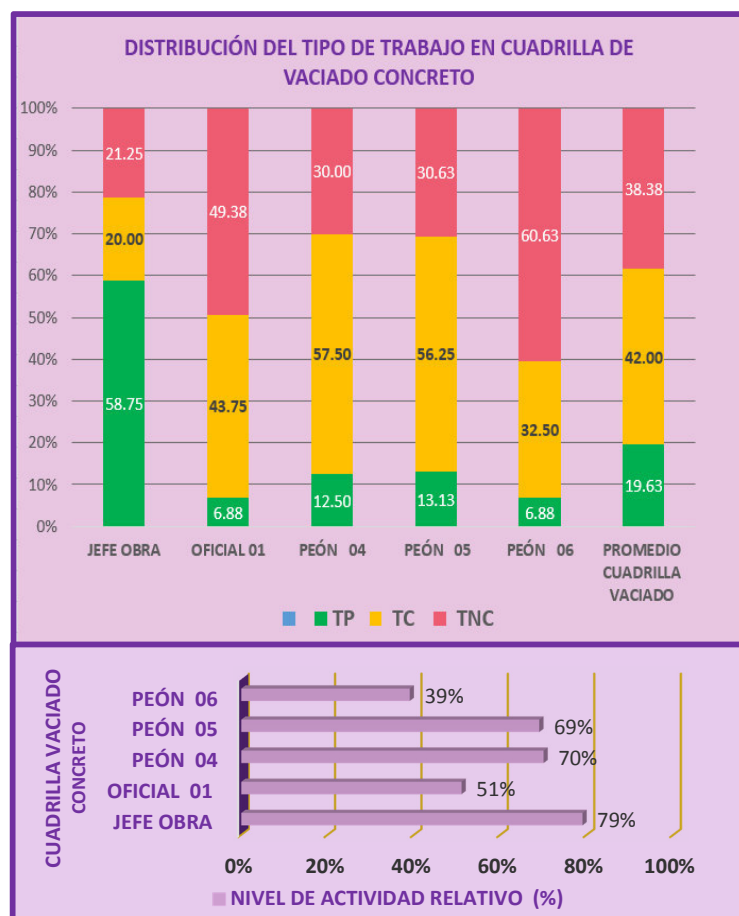
**FIGURA N° 4.22 Distribución del tiempo ocupado por tipo de trabajo en cuadrilla mezclado de concreto**



*.Fuente.* Elaboración propia.

Esta conformación de cuadrilla es una muestra clara de que el tratar de imponer, la arraigada costumbre de los maestros de obra en construcción civil, la de contratar más personal para acelerar la ejecución de una partida, es una decisión errada.

**FIGURA N° 4.23 Distribución del tiempo ocupado por tipo de trabajo en cuadrilla vaciado de concreto**



Fuente. Elaboración propia.

#### **4.12 Acciones para minimizar los *muda*-despilfarros detectados en la partida crítica.**

Se utilizó la carta balance en esta partida, para detectar, y poder minimizar o eliminar con más certeza los *muda*-despilfarros que se desarrollan en su proceso de ejecución. Con el propósito de mejorar el proceso, hacerlo más eficiente, de menor costo y mayor productividad se propone a las subcontratas aplicar las siguientes acciones de mejora:

- Utilizar buggies de 3p3 de capacidad en reemplazo de las carretillas de 2p3 de capacidad utilizadas, de esta manera se reducen despilfarros de tiempo en las actividades de flujo contributivas de recorrido y transporte de insumos de la mezcla así como del concreto descargado de mezcladora.
- Rentar mezcladora tipo tolva de 12p3 gasolinera, para minimizar los despilfarros en la mano de obra que causa el empleo de la mezcladora tipo trompo de 11p3, en la preparación del concreto. Así se suprime movimientos y transportes improductivos que no aportan valor al proceso, como el de emplear baldes para el abastecimiento de materiales a cargar en trompo, para que en su lugar se posibilite la descarga directa en la tolva a nivel de piso de los agregados, cemento y agua cargados en los buggies de 3p3 de capacidad.
- Disponer un buggy adicional, que servirá para recepción del producto en proceso, y delegar al peón con menor %TC de la cuadrilla de mezclado de concreto la tarea de recepcionar esta descarga de concreto y ubicar el buggy en sitio de espera, si es que en el momento de descarga de concreto desde la mezcladora no hubiera en el lugar personal de la cuadrilla de vaciado de concreto que pueda realizar la recepción y transporte. De esta manera se evita la acumulación de esperas de la máquina y TNC de la mano de obra.
- Conformar la cuadrilla de vaciado de concreto con sólo 02 peones, 01 oficial y 01 jefe de obra o capataz. Es decir retirar 01 peón de la cuadrilla actual cuyas actividades productivas y de flujo serán con facilidad absorbidas por los otros integrantes.

- Aplicar herramienta *lean* 5S priorizando que: el personal que conforma las cuadrillas, en diálogo conjunto y comprometido, previo al inicio de operaciones, logre acordar la forma de organizar la zona de trabajo y evolución de cada integrante de la cuadrilla; se cercioren que los recorridos del producto en proceso se hallen libre de obstáculos, con entablados bien fijados a piso, para evitar derrames de concreto o insumos; se asegure que las herramientas, equipos y máquinas como la vibradora y mezcladora de concreto estén en buen estado, con el combustible suficiente y a plena disposición; se cumplan las normas de seguridad y EPP que requiere la ejecución de la partida. Con esta medida se reducen los trabajos rehechos, desechos de materiales y tiempos de espera.
- Ubicar los volúmenes de agregados, agua, cemento que corresponden a esta partida, así como la mezcladora de tolva en la posición más próxima posible al encofrado de zapata y pedestal de torre, para que en esta ubicación se opere como central de mezcla en el vaciado de concreto de las 04 zapatas y 04 pedestales requeridos. Cuanto más alejado se halle esta central de mezcla de la ubicación de la zapata de torre, se tendrá que efectuar mayor recorrido en las actividades de flujo de recepción, transporte de concreto y regreso de buggy vacío. Las actividades de flujo citadas pueden fácilmente reducir el TC observado entre un 20% a 30% al ubicar en la posición correcta su central de mezcla.
- Verificar el nivelado de la plantilla de torre y la instalación correcta de los pernos de anclaje en el acero armado de su pedestal antes de iniciar el

vaciado de concreto en esta zapata; luego se debe continuar con el vaciado de concreto de las zapatas y pedestales de vientos verificando la dirección correcta de cada plantilla de viento hacia la plantilla de torre, así como la firmeza de la unión de los pernos de anclaje embebidos en el acero de los pedestales. Estas importantes inspecciones son claves y deben ser realizadas por el jefe de obra como TC exigible. Esta necesaria actividad de flujo aunque no añada valor, reduce la aparición de trabajos a rehacer por defectos en la ejecución del vaciado de concreto, evita desfases en la orientación de los pedestales de concreto armado terminados y garantiza una apropiada verticalidad de torre, valor exigido por los clientes internos en las fases de montaje, aterramiento, TI, y el cliente final.

Esta propuesta de acciones preventivas y de reducción en el despilfarro de recursos para las más relevantes actividades de flujo (TC y TNC) halladas en esta partida, las cuales no agregan valor, contribuirán al mejoramiento del desempeño de la mano de obra. Por otra parte el trabajo en equipo y la participación conjunta en la organización de la ejecución de esta partida aportan pequeñas mejoras al proceso, su ejercicio continuo ayudará a desarrollar buenas prácticas constructivas que se deberán consolidar estandarizando los procedimientos con mayor carga de valor añadido e incorporando el proceso mejorado como referente para el propósito de *benchmarking* en la empresa contratista.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

- Los tres niveles de planificación que se despliegan en el LPS, herramienta de la filosofía LC; es decir planificación maestra, intermedia y programación semanal asociado a la red de compromisos que generan los *last planners* en las *pull session* semanales, son primordiales para incrementar la fiabilidad de los planificado y reducir la incertidumbre en el proceso constructivo de las EBC telecomunicaciones rurales.
- Las causas principales de retraso de obra en la fase de construcción se agruparon en cinco categorías: financiera, planificación y diseño, adjudicación, comunicación y coordinación, medio ambiental; a las que luego de analizarlas se les proponen contramedidas viables de implementar por la empresa en estudio, siendo una de las más asequibles y relevantes aquellas herramientas que el *LPDS* propone en la fase de Ejecución *Lean* para minimizar las causas de retraso de la categoría planificación y diseño.

- Las acciones de seguimiento y control semanal del LPS que se implementó, prioriza la participación y el compromiso personal anticipado de quienes toman las decisiones finales en la ejecución de las partidas; debido a que ellos son los que dan el soporte de confiabilidad al proceso de planificación y operan a manera de escudo contra la variabilidad.
- En el *lookahead plan* se fijó el período de tres semanas para anticipar y procesar la liberación de cualquier restricción que surja como causa de algún imprevisto o variabilidad que afecte el curso normal de las actividades a ejecutar proyectadas, y poder contar con un inventario de tareas ejecutables listas para ser programadas, lo que hace más eficaz esta programación intermedia para EBC rurales.
- Al emplear la herramienta PPC semanal del LPS durante trece semanas como indicador de confiabilidad y con el que se evaluó hasta qué punto el sistema fue capaz de anticipar el trabajo que se hizo en la semana siguiente, se halló un PPC promedio no menor del 52% con tendencia positiva lo que corrobora que este nivel de cumplimiento se podrá incrementar con facilidad si es que las subcontratas y contrata principal utilizan en futuras obras herramientas LC.
- Se demostró que la carta balance de cuadrillas es muy útil como procedimiento para clasificar y cuantificar los tiempos improductivos en un proceso además de precisar parámetros de productividad de la mano de obra fundamentales, tales como coeficiente de participación, nivel de actividad real y nivel de actividad relativa, al desarrollarla en la ejecución de una de las partidas críticas de la obra.



- Se eligió analizar la partida de vaciado de concreto en zapatas y pedestales de torre y vientos, por ser una partida crítica vital para que fluyan con normalidad las demás fases de la obra, al subdividir la partida en dos subprocesos para mejor aplicación de la carta balance se observó que los trabajos productivos no alcanzaban el 20% del total del tiempo que el recurso está presente, y con 4 de los 9 conformantes de la cuadrilla sin superar el 60% del nivel de actividad relativo.
- Se utilizó la carta balance para detectar y poder minimizar o eliminar con más certeza los *muda*-despilfarros que se generaron en el proceso de ejecución de la partida muestra, vaciado de concreto en zapatas-pedestales torre-vientos, y que sirvieron para proponer acciones de mejoras al proceso.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Es necesario el soporte de los responsables de mayor jerarquía en la gestión de los proyectos EBC rurales de la contrata y subcontratas, para implementar el LPS en su planificación. Además de las facilidades para levantar la información con superior nivel de confiabilidad y margen de error para las cartas balance de cuadrillas del total de partidas críticas del proceso constructivo, lo que permitirá descubrir mejoras para el trabajo productivo y contributorio.
- Según resultados de esta investigación otra de las mayores causas de retraso de entrega de obras se encuentran en la categoría medio ambiental, en las que entre otros se citan las serias dificultades de acarreo de materiales impiden entregas *just in time* en las EBC rurales,

por ello se recomienda aplicar las herramientas que el LC propone para el modulo planificación y logística en el LPDS.

- En el futuro es recomendable el uso de modelos virtuales 3d inteligentes como el *Building Information Modeling*, herramienta útil que permitiría encontrar conflictos o errores en el diseño además de servirnos, para hacer simulaciones del proceso constructivo, para generar un presupuesto exacto de los costes, para planificar el proyecto, para ubicar previo a la ejecución dónde posicionar en campo las máquinas, equipos, agregados, grúas para izaje; para efectuar la revisión en obra, para calcular el inventario de materiales, entre otros tantos usos.

## BIBLIOGRAFIA

- Abdelhamid, T. S. (2013, Abril). <https://www.msu.edu/~tariq>. (M. S. University, Ed.) Retrieved from [https://www.msu.edu/~tariq/C2P2AI\\_Lean\\_Construction\\_WhitePaper.pdf](https://www.msu.edu/~tariq/C2P2AI_Lean_Construction_WhitePaper.pdf)
- Ade, A. (2014). *Lean in Construction: Key to improvements in time, cost and Quality*. MCIPS. Ahuja Sánchez, L. (31 de May de 2015). *Recorrer juntos el gemba*. Recuperado el Febrero de 2016, de <https://lahuja.wordpress.com/2015/05/31/los-8-tipos-de-muda-o-desperdicios/>
- Alarcon, L. (1997). *Lean Construction*. Rotterdam, Holanda: A.A. Balkema.
- Al-Hammad, A.-M. (May de 2000). *Common Interface Problems among various construction parties. Jornal of Performance of Construction Facilities*, 14, 71-74. Arabia Saudita.
- Alkhalid, K. A. (2011). *Using Integrated Project Delivery (IPD) to resolve the major Construction Project Delay Causes in Saudi Arabia*. Field Project Report, University of Kansas, Kansas.
- Ballard, G. (1 de May de 2000). *Lean Project Delivery System. White Paper #8*.
- Ballard, G. (27 de Abril de 2000). *Phase Schedulling. White Paper # 7*, 1-3. *Lean Construction Institute*.

- Ballard, H. G. (2000). *The last planner system of production control*. Birmingham.
- Cerveró, F. (2010). *Lean Construction*. Nueva filosofía de gestión en la construcción española. Proyecto final de master en edificaciones, Universidad Politecnica de Valencia, Valencia.
- Falqi, I. (Setiembre de 2004). *Delays in project completion: a comparative study of construction delay factors in Saudi Arabia and the United Kingdom*. School of the Built Enviroment. Edimburg, United Kingdom.
- Guzmán Tejada, A. (Noviembre de 2014). Aplicación de la filosofía lean construction en la planificación, ejecución y control de proyectos. Lima, Lima, Perú: PUCP.
- Heizer, J., & Render, B. (2007). *Dirección de la Producción y de Operaciones. Decisiones Estratégicas* (Octava ed.). Madrid: Pearson Educación S.A.
- Hernández Matías, J. C., & Vizán Idoipe, A. (2013). *Lean manufacturing*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Hoffmann, N. (11 de Junio de 2012). TAYLORISMO, FORDISMO Y TOYOTISMO. Nuevas Enseñanzas. Obtenido de <http://nuevasensenanza.blogspot.pe/2012/06/taylorismo-fordismo-y-toyotismo.html>
- Ibarra Gómez, L. I. (Junio de 2011). *Lean Construction*. Tesis en Ingeniería. Mexico DF, Mexico.
- Knapp, S., Charron, R., & Howell, G. (Diciembre de 2007). Phase Planning today. *Revista Ingeniería de Construcción*, 22(3), 157-162. Santiago de Chile, Chile. Obtenido de <http://www.ing.puc.cl/rlc>
- Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction*. Stanford: Stanford University.

- Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction. Tesis doctoral. Finland.*
- Luna Guzmán, R. M. (Setiembre de 2009). Identificación de fuentes de pérdida en la construcción de edificaciones para vivienda mediante el empleo del sistema de información de niveles de actividad. Loja, Loja, Colombia.
- Madariaga Neto, F. (2013). *Lean Manufacturing*. Bubok Publishing S.L.
- Martí Ogayar, J. J., & Torrubiano Galante, J. G. (2013). Guía de *Lean Manufacturing*. Valencia: Ernst Young.
- Mesa, W. O. (09 de 11 de 2011). <http://planeaciondeproduccion.blogspot.pe>. Recuperado el 08 de 01 de 2016, de <http://planeaciondeproduccion.blogspot.pe/2011/11/matriz-producto-proceso.html>
- Miller, J., Wroblewski, M., & Villafuerte, J. (2014). *Creating a Kaisen Culture*. United Sates of America: Mac Graw Hill Education.
- Mossman, A. (2010). *Making construction projects more reliable using a lean approach: an introduction to lean construction & last planner. The change business Ltd., 98.*
- Orihuela, P. (2014). [www.motiva.com.pe](http://www.motiva.com.pe). Obtenido de [www.motiva.com.pe/Articulos/Lean%20construction%20en%20el%20Peru.pdf](http://www.motiva.com.pe/Articulos/Lean%20construction%20en%20el%20Peru.pdf): [www.motiva.com.pe](http://www.motiva.com.pe)
- Orihuela, P., & Ulloa, K. (Julio de 2011). La Planificación de las obras y el Sistema *Last Planner*. Corporación Aceros Arequipa. Construcción Integral(12). Lima.

- Patel , A. (2011). *The Last Planner System for reliable project delivery*. Arlington: The University of Texas at Arlington. Obtenido de file:///C:/Users/PERSONAL/Downloads/Patel\_uta\_2502M\_11434.pdf
- Pellicer, E., Cervero, F., Lozano, A., & Ponz-Tienda, J. L. (2-4 de Marzo de 2015). *The Last Planner System of Construction planing and control as a teaching and learning tool*. Valencia, España.
- Pons Achell, J. (Marzo de 2014). Introducción a *Lean Construction*. 1era. Madrid, España: Fundación Laboral de Construcción.
- Pons Achell, J. F. (Julio de 2014). *Last Planner System* (LPS). Sistema del Ultimo Planificador. Planificación colaborativa. Obtenido de <http://es.slideshare.net/juanfelipeponsachell1/last-planner-system>
- Porras, H., Sanchez Rivera, O. G., & Galvis Guerra, J. A. (03 de Junio de 2014). Filosofía Lean Construction para la Gestión de proyectos de construcción. Avances Investigación en Ingeniería, 1(1), 36. Recuperado el 21 de Diciembre de 2015
- Rajadell Carreras, M., & Sánchez García , J. L. (2010). *Lean Manufacturing*. La evidencia de una necesidad. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos. Recuperado el 2015
- Rodríguez Fernández, A. D., Alarcón Cardenas, L. F., & Pellicer Ariñana, E. (Febrero de 2011). La gestión de la obra desde la perspectiva del último planificador. Revista de Obras Públicas(3.518), 35-44.
- Sanchez, J. M. (Febrero de 2012). *Project Management Models: Lean thought Project Management*. DYNA(87), 214-221.
- Sanchis Mestre, I. (2013). *Last Planner System*. Universitat Politecnica de Valencia, Valencia.

Serpell, A., & Alarcon, L. (2003). Planificación y Control de Proyectos (2 ed.).

Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile.

**ANEXO A**

**PLANOS OBRA CIVIL EBC CUPISA**



**minco**  
METALES INGENIERIA  
Y CONSTRUCCION S.A.

LR 3158 -A - CUPISA

CERRO ANCAHUIRI CON COORD. UTM WGS84 18L 684915.53 8486746.68  
DISTRITO: SAN JERONIMO  
PROVINCIA: ANDAHUAYLAS  
DEPARTAMENTO: APURIMAC

Aldo León Y.  
Contratista Civil y Montador de  
Cimentación Civil y Culam. - Prebista  
de Sede Comunal y Culam. S.A.C.  
de Sede Comunal y Culam. S.A.C.

## RESUMEN DEL PROYECTO

CODIGO	: LA 3156
DIRECCION	CENTRO INDUSTRIAL CALLE SAN JOSE PROYECTO AGUAHUECA DEPARTAMENTO: PUEBLO
TIPO DE OBRA	: GREENFIELD ✓
PROYECTO	: COLONIA CARPENA DE AGUAHUECA
CONTRATISTA	: MANCO
AL DE INICIACION	: 42.03 m.
LARGO	: 12' 40" 56.6"
LONGITUD	: 72' 17" 24.80"
MUNICIPAL	

RELACION DE LAMINAS	
G-01	HORA RESUMEN
U-01	UBICACION Y LOCALIZACION
A-01	PLANTA GENERAL
A-02	CORTE A-A
E-01	CORTES DE ORIENTACION
E-02	CORTES DE CIRCUNFERENCIA
E-03	CONSTRUCCION Y DETALLES VARIOS
E-04	CONSTRUCCION DE TORRE VENTILACION 42.00m
IM-01	TORRE VENTILACION 42.00m
E-01	INT. ELECTRICOS PLANTA
E-02	INT. ELECTRICOS CORRE 1-1 ELEVACION
E-03	DIAGRAMA UNILATERAL
E-04	TABLERO PSE



### MEDIDAS EN EL PLANO

## NOTAS GENERALES

[illegible]

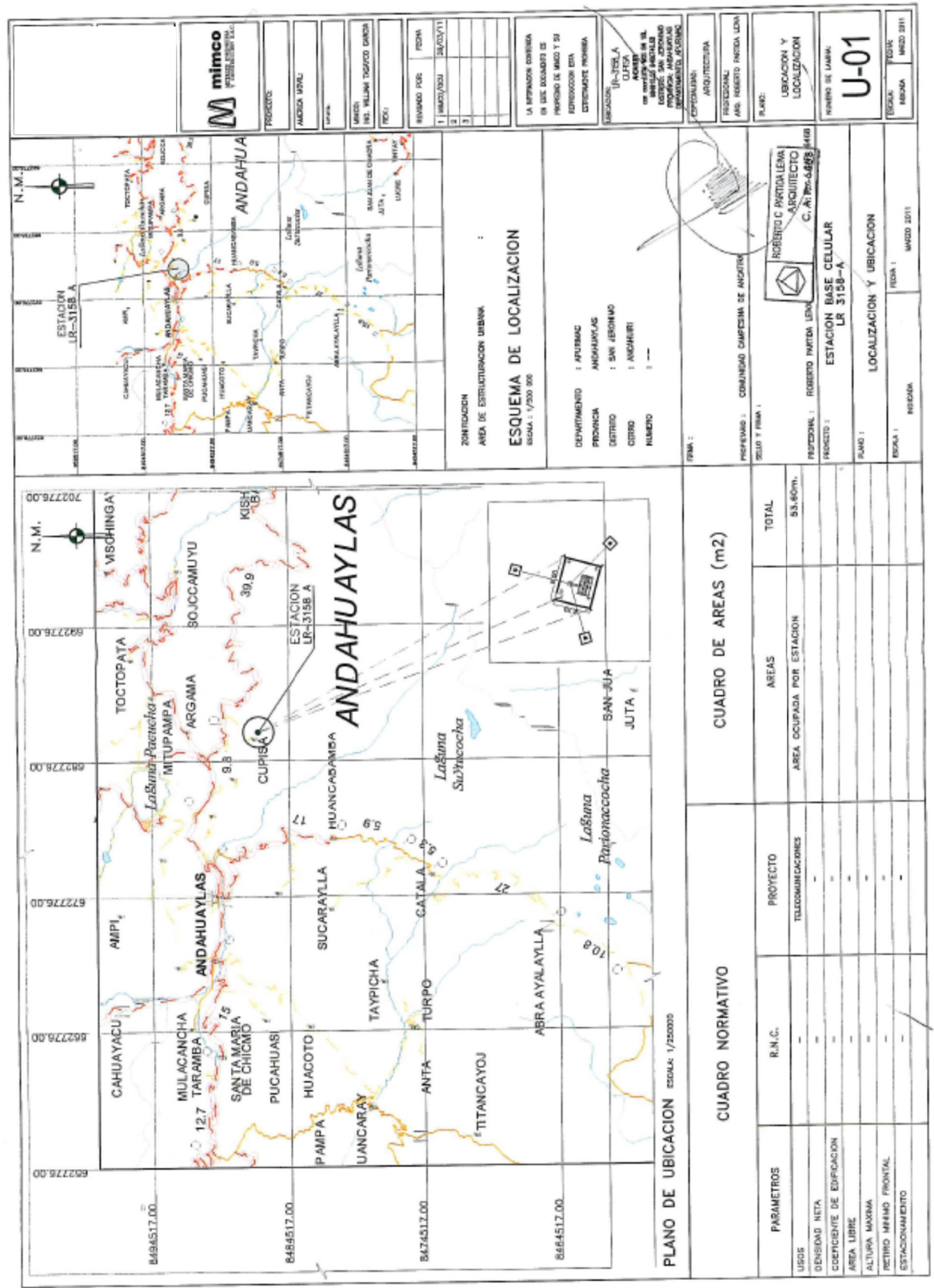
RELACION DE LAMINAS	
E-01	HOJA RESUMEN
U-01	UBICACION Y LOCALIZACION
A-01	PLANTA GENERAL
A-02	CORTE A-A
E-01	COMPRES DE CUBIERTION
E-02	CORTES DE CUBIERTION
E-03	CUBIERTION Y DETALLES VARIOS
U-04	UBICACION DE TORRE VENTILADA (E-04)
U-01	TORRE VENTILADA H=42.50m
E-01	INT. ELECTRICOS PLANTA
E-02	INT. ELECTRICOS CORRE 1-1 ELEVACION
E-03	DIAGRAMA UNILINER
E-04	WATERLOO P&P



### MEDIDAS EN EL PLANO

## NOTAS GENERALES

[illegible]



**mimco**  
 INGENIERIA CIVIL

PROYECTO

ANEXO 10/11

FECHA

FECHA

FECHA

FECHA

FECHA

FECHA

FECHA

FECHA

FECHA

FECHA

FECHA

FECHA

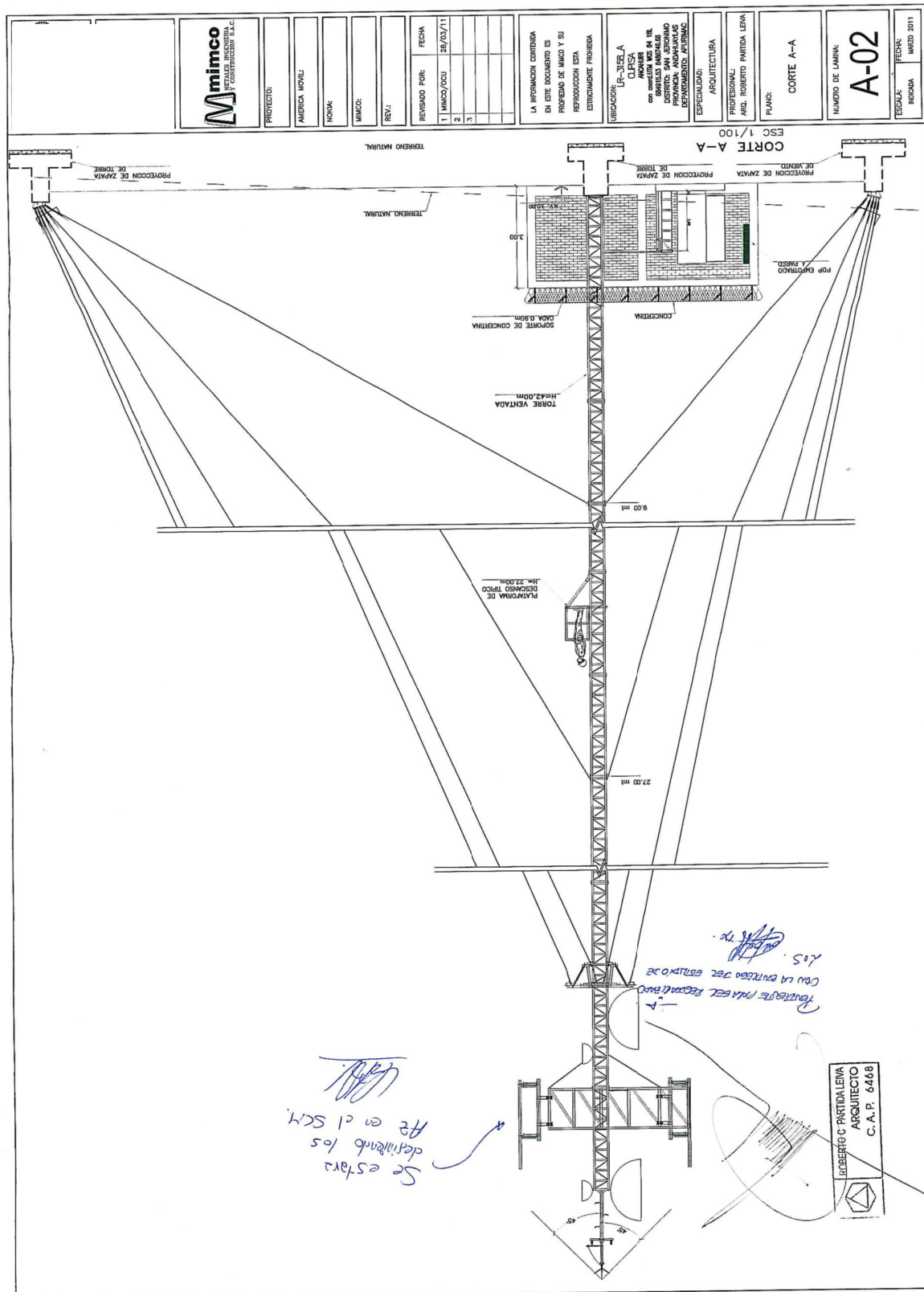
FECHA

FECHA

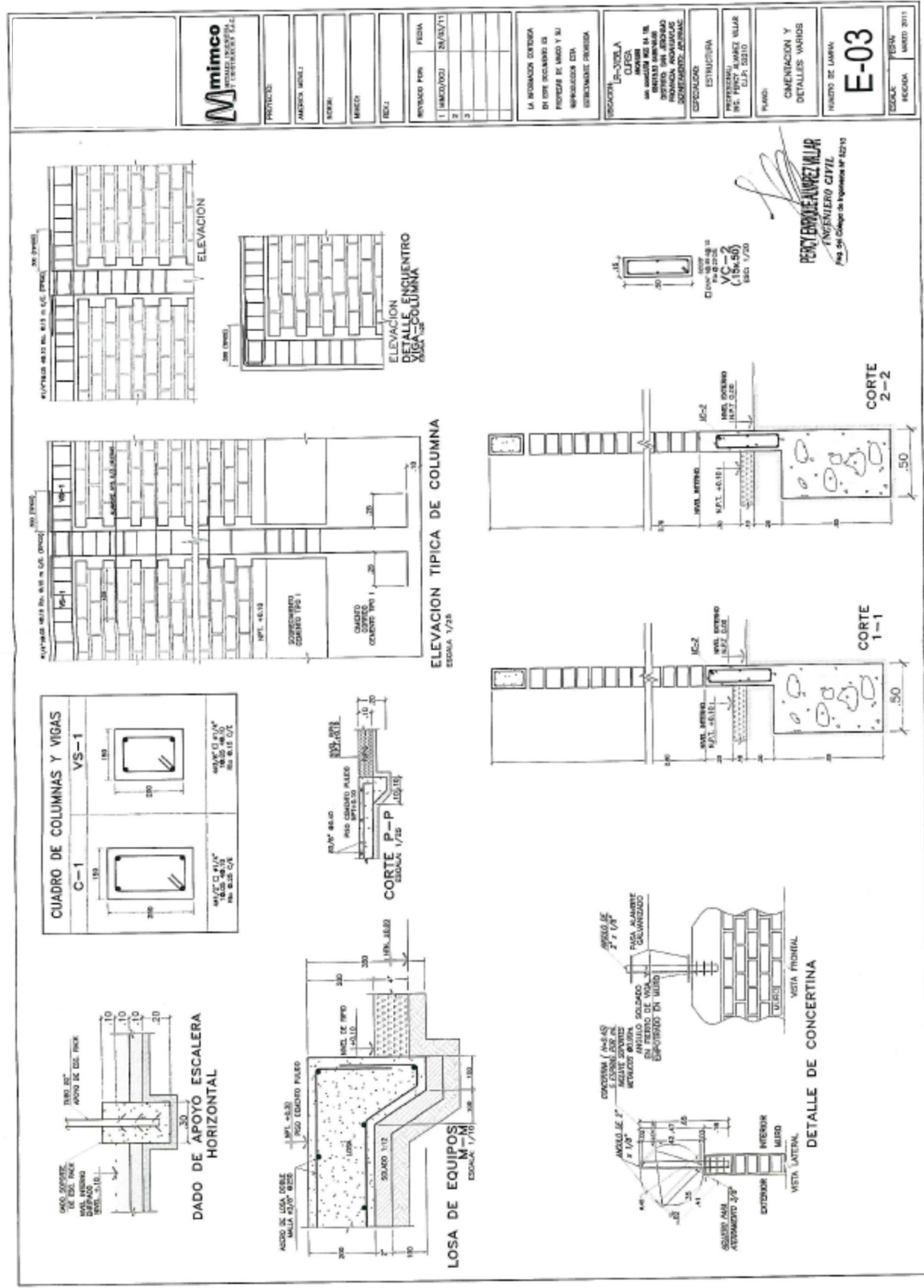
FECHA

FECHA

[illegible]







PROYECTO	AMERSON MUELZ
CLIENTE	MIMCO
FECHA	1 MARZO 2002
REVISOR	2 MARZO 2002
REVISOR	3 MARZO 2002

LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE MIMCO Y SU REPRODUCCION SIN AUTORIZACION DE MIMCO CONSTITUYE UNA INFRACCION DE LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.

ESPECIALISTA EN DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO PARA EDIFICIOS DE ALTA Y BAJA ALZADA, PUENTES, PASADIZOS, PROYECTOS DE RECONSTRUCCION Y REPARACION DE DAÑOS POR TERREMOTOS.

ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO PARA EDIFICIOS DE ALTA Y BAJA ALZADA, PUENTES, PASADIZOS, PROYECTOS DE RECONSTRUCCION Y REPARACION DE DAÑOS POR TERREMOTOS.

INGENIERO CIVIL

INGENIERO CIVIL

INGENIERO CIVIL

E-03

FECHA: MARZO 2002

FECHA: MARZO 2002

FECHA: MARZO 2002



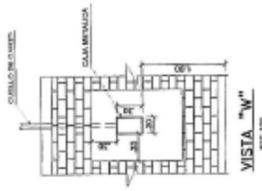
**NOTES:**  
1. The authors are grateful to the National Science Foundation for support of this work.

---

S. - ALZHEIMER

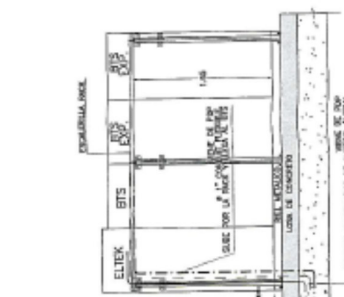
[illegible]





0015-9129/01/0005-0000\$05.00/0

1



1/2 cup (125 ml) water  
1/2 cup (125 ml) milk

ESCALA: 1/30

ERIA



## **ANEXO B**

### **REPORTE FINAL DE OBRA FOTOGRÁFICO**

## REPORTE FINAL DE OBRA

### I.- DATOS DEL PROYECTO

Ubic:	CHAGAY	ID - Canal:	T1 478	Empresa Ejec:	
Modelo Site:	GREENFIELD	Cod. R. Site:	-	Plan de Site:	Greenfield T1-48
Descripción:	CERRO CHAGAY, PROYECTO EL SALICE	Operador:	CHAGAY	Proveedores:	SARCHET GASTON
Departamento:	LA LIBERTAD	Región:	LA LIBERTAD	Acceso:	TUOCHA, AZABERO 08
Propietario:	Sena (Módulo One)	Teléfono Cel:	-	Teléfono Casa:	-
Longitud:	77° 52' 54,7"	Latitud:	07° 47' 37,67"	Altitud:	3080 msnm



### II.- DATOS DE LOS RESPONSABLES DE OBRA

Supervisor:	ING. GUAYMO BORGAL	Reg. COB:	4952	Teléfono:	96746122
Empresa:	Minco Ingeniería y Construcción SAC (MINCO SAC)	Participa Ob:	MINCO E.I.A.C	Proveedor Items:	MINCO E.I.A.C
Coordinador:	Ing. César Augusto Chávez Sualde	Reg. COB:	-	Teléfono:	96776123
Punto CM (Cable para TV):	30 m	Norma:	40	Punto de Terminación Ob:	10 m
Norma:	40	Norma:	40	Norma:	40

### III.- VISTA PANORÁMICA DE LA ESTACIÓN BASE ORIGINAL



### IV.- DETALLE FOTOGRÁFICO

	Fotografía		Fotografía	Fotografía	
	2.00	REPORTE APTRIS SECTORES 08°, 210°, 270°	100%	2.00	REPORTE ANTENA MW
	Fotografía		Fotografía	Fotografía	
	2.00	REPORTE ANTENA MW	100%	2.00	REPORTE ANTENA MW

	Fotografía		Fotografía	Fotografía	
	3.00	PLATIFORMA DE REPORTE	100%	3.00	PLATIFORMA DE REPORTE
	Fotografía		Fotografía	Fotografía	
	4.00	LÍNEA DE REPORTE	100%	4.00	LÍNEA DE REPORTE

## REPORTE FINAL DE OBRA

### 1.- DATOS DEL PROYECTO

Obra:	CHUGAT	ID - Canal:	T3 K76	Empresa Ejec.	
Modelo Sitio:	GRANIPOLIS	Cod. N. Sitio:	-	Tip. de Sitio:	Gran-Hat TV-6
Dirección:	CENTRO CHUGAT, PERICO EL SALICE	Dirección:	CHUGAT	Proveedores:	SAATCHI & SAATCHI
Departamento:	LA LIBERTAD	Región:	LA LIBERTAD	Acceso:	TUCCAL AGUERO 18
Propietario:	Jose Wilfredo Cruz	Telefono Cel:	-	Telefono Casa:	-
Longitud:	77° 42' 04,7"	Latitud:	07° 47' 33,67"	Altitud:	3000 msnm



ITEM	FECHA	% AVANCE
6.00	ENCALABRILLA RACK HORIZONTAL	100%



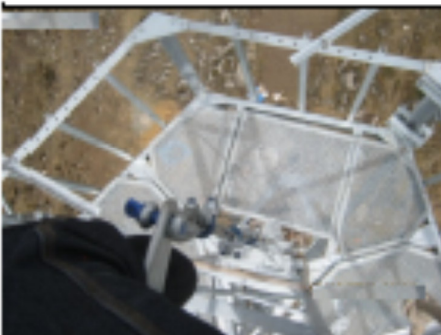
ITEM	FECHA	% AVANCE
6.00	PODAS A TIERRA ANTENAS	100%



ITEM	FECHA	% AVANCE
7.00	MEASURA DE LAS PODAS A TIERRA	100%



ITEM	FECHA	% AVANCE
8.00	LIMPIEZA DE VIDA DE LA TORRE	100%



ITEM	FECHA	% AVANCE
9.00	PLATAFORMA DE TUBO	100%



ITEM	FECHA	% AVANCE
10.00	NOVEL DE LA TORRE (VERTICALIZADO)	100%



ITEM	FECHA	% AVANCE
11.00	USE DE BALIZAS	100%



ITEM	FECHA	% AVANCE
12.00	TUBOS DE ASBESTO Y CEMENTO	100%

**REPORTE FINAL DE OBRA**
**L: DATOS DEL PROYECTO**


Dist:	CHAGAY	ED - Códig:	TI 478	Estación Reg.:	
Modelo de:	SEMPRETEL	Cod. N. de:	-	Tip. de Edif:	Greenfield TI 42
Ubicación:	CERRO CHAGAY, PROV. EL SALCE	Operario:	CHAGAY	Provincia:	SAATCHI CANTON
Departamento:	LA LIBERTAD	Región:	LA LIBERTAD	Arquitecto:	TUDOKA AGUIRRE SE
Proyectista:	Juan Villalón Oro	Teléfono Cel:	-	Teléfono Casa:	-
Longitud:	77° 52' 45,0"	Latitud:	07° 47' 33,0"	Altitud:	3600 m.s.n.m.



ITEM	DESCRIPCIÓN	% AVANCE
15.00	MURDE ACABADO VISTA INTERNA	100%



ITEM	DESCRIPCIÓN	% AVANCE
15.00	MURDE ACABADO VISTA EXTERNA	100%



ITEM	DESCRIPCIÓN	% AVANCE
16.00	CONCRETO	100%



ITEM	DESCRIPCIÓN	% AVANCE
16.00	POSTALES	100%




ITEM	DESCRIPCIÓN	% AVANCE
17.00	LOSA DE CERRILLO	100%



ITEM	DESCRIPCIÓN	% AVANCE
18.00	COLUMBALES Y VIGAS TUBERIALES	100%



ITEM	DESCRIPCIÓN	% AVANCE
18.00	PUNTA DENTADA NACILLADA Y PORTADA	100%



ITEM	DESCRIPCIÓN	% AVANCE
20.00	VIGAS	100%



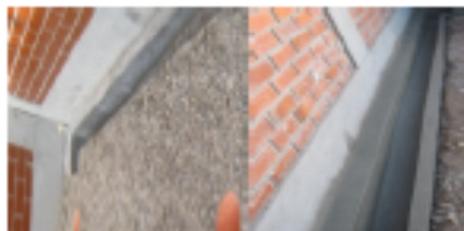
## REPORTE FINAL DE OBRA

### I.- DATOS DEL PROYECTO

Obra:	CHUGUT	ID - Canteo:	T3-47B	Estación Emisora:	
Modelo de Obra:	CHUGUT	Código de Obra:	-	Tipo de Obra:	CHUGUT TV-47B
Dirección:	CHUGUT, PROV. EL SALV.	Dirección:	CHUGUT	Problemas:	SANCHO CHUGUT
Departamento:	LA LIBERTAD	Región:	LA LIBERTAD	Accesos:	TROCHA ACERDIO 85
Propietario:	Juan Valdivia Oro	Teléfono Cel:	-	Teléfono Casa:	-
Longitud:	27° 02' 35.07"	Latitud:	07° 47' 33.67"	Altitud:	3000 metros



ITEM	DESCRIPCION	% AVANCE
23.00	NIVEL DE SUELO	100%



ITEM	DESCRIPCION	% AVANCE
23.00	DERIVACION DEL SUELO	100%



ITEM	DESCRIPCION	% AVANCE
23.00	SANCHO CHUGUT ATERRAMIENTO	100%



ITEM	DESCRIPCION	% AVANCE
24.00	LIMPIEZA GENERAL DEL SUELO INTERNO Y EXTERIOR	100%



ITEM	DESCRIPCION	% AVANCE
25.00	ATERRAMIENTO DE SUELO DE TORRE, CONCRETO	100%



ITEM	DESCRIPCION	% AVANCE
26.00	ATERRAMIENTO DE PARED, TUBO, PARABOLIZADO	100%



ITEM	DESCRIPCION	% AVANCE
27.00	ATERRAMIENTO DE SUELO DE SUELO	100%



ITEM	DESCRIPCION	% AVANCE
28.00	FOTO PARABOLIZADO DEL SUELO	100%

## **APÉNDICE A**

### **CRONOGRAMA GANTT C/RECURSOS. SEGUIMIENTO GANTT**







[illegible][illegible]



## **APÉNDICE B**

### **ANÁLISIS DE RESTRICCIONES EN *LAST PLANNER SYSTEM***







## ANÁLISIS DE RESTRICCIONES

ID - Canal:	LR N156	Medio de NE:	EDC OF TV 42				
Longitud:	70° 17' 36.6"	Altitud:	3060 m. s.n.m				
Dirección:	CENTRO AM CANAL 10	Problema:	ANIDA HUA YL 46				
Dpto/Región:	APURIMAC	Acabado:	65-cd-13				
Sector	Actividad Afectada	Tipo Restricción	Descripción de Restricción	Responsable Liberación	Fecha Compromiso Liberación	Fecha Real Liberación	Estado de Liberación
Zapato Por ende los	Zapato Por ende los	Materiales	Cantidad permitida de la zona para una máxima de 10 personas	Positivo Solos de la	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-13 por 30-4-ep-13 (30-4-ep-13) Positivo en sitio	Ha liberado a la zona	30-4-ep-13	30-4-ep-13	Liberado
Zapato Por ende los	Utilización de materiales para el uso de la zona	Materiales	Permiso de 30-4-ep-1				

## **APÉNDICE C**

### **PROGRAMACIÓN *LOOKAHEAD* EN *LAST PLANNER SYSTEM***



[illegible]

# LOOKAHEAD INSTALACIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS + SISTEMA DE ATERRAMIENTO Y ELECTRICO

[illegible][illegible][illegible]

LOOKAHEAD PLANNING: ACTIVIDAD/ RESTRICCIONES/ RECURSOS

Site:	CUPISA	ID - Cand.:	LR 3158	Model Site:	EBC_GF_TV_42
Longitud:	73° 17' 24,6"	Latitud:	13° 40' 55,8"	Altitud:	3840 m.s.n.m
Dirección:	CERRO ANCAHUIRI	Distrito:	SAN JERONIMO	Provincia:	ANDAHUAYLAS
Dpto./Región:	APURIMAC	Accesos:	Trocha carrozable 500 mt.	Fecha de elaboración:	05-oct-13

LOOK AHEAD CONSTRUCCIÓN ZAPATAS PEDESTALES DE TORRE - LOSA DE EQUIPOS

DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD/ RESTRICCIÓN/ RECURSOS	UND	CANT	FECHA REQUERIDA	FECHA LÍMITE	RESPONSABLE	CATEGORIA RESTRICCIÓN																				
						Semana 3: 07/10 - 13/10							Semana 4: 14/10 - 20/10							Semana 5: 21/10 - 27/10						
						Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom
						7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27

## CONSTRUCCIÓN ZAPATAS PEDESTALES DE TORRE

[illegible]

## LOOKAHEAD CONSTRUCCIÓN DE CERCO PERÍMETRICO

DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD/ RESTRICCIÓN/ RECURSOS	UND	CANT	FECHA REQUERIDA	FECHA LÍMITE	RESPONSABLE	CATEGORIA RESTRICCIÓN																				
						Semana 3: 07/10 - 13/10							Semana 4: 14/10 - 20/10							Semana 5: 21/10 - 27/10						
						Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom
						7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27

## CONSTRUCCIÓN DE CERCO PERIMETRICO

[illegible]





LOOKAHEAD PLANNING: ACTIVIDAD/ **RESTRICCIONES**/RECURSOS

Site:	CHUGAY	ID - Cand.:	TJ 6356	Model Site:	EBC_GF_TV_60
Longitud:	77° 52' 05,0"	Latitud:	07° 47' 37,1"	Altitud:	3698 m.s.n.m.
Dirección:	CERRO SAN FRANCISCO	Distrito:	CHUGAY	Provincia:	SANCHEZ CERRO
Dpto./Región:	LA LIBERTAD	Accesos:	ACARREO 55° DE PTO. INICIO	Fecha de elaboración:	02-nov-13

LOOKAHEAD CHUGAY. CONSTRUCCIÓN ZAPATAS PEDESTALES DE TORRE

DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD/ RESTRICCIÓN/ RECURSOS	UND	CANT	FECHA REQUERIDA	FECHA LÍMITE	RESPONSABLE	Semana 7: 04/11 - 10/11							Semana 8: 11/11 - 17/11							Semana 9: 11/11 - 17/11													
						Lun	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom	Lun	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom	Lun	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom	Lun	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom				
						4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24							
						CATEGORÍA RESTRICCIÓN																											

## CONSTRUCCIÓN ZAPATAS PEDESTALES DE TORRE

[illegible]

LOOKAHEAD CHUGAY. CONSTRUCCIÓN DE CERCO PERÍMETRICO

[illegible]

# CONSTRUCCIÓN DE CERCO PERIMETRICO

[illegible]

Contratar cuadrilla de acarreo de materiales.		01-nov-13	04-nov-13	Jefe Cuadrilla Albañil
Madera Tornillo (5.2 p2). Puesto en obra.		01-nov-13	13-nov-13	Jefe Cuadrilla Albañil
Vaciado de concreto en columnas.				
Contratar cuadrilla de acarreo de materiales.		01-nov-13	04-nov-13	Jefe Cuadrilla Albañil
Cemento Portland Tipo 1, (14.41 bols). Puesto en obra		01-nov-13	13-nov-13	Jefe Cuadrilla Albañil
Habilitación de acero para vigas VS-1 + Dintel				
Colocación de acero para vigas				
Encofrado de vigas superiores VS-1. Desencofrado				
Vaciado de vigas superiores - dintel				

LOOKAHEAD CHUGAY. INSTALACIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS + SISTEMA DE ATERRAMIENTO Y ELECTRICO

DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD/ RESTRICCIÓN/ RECURSOS	UND	CANT	FECHA REQUERIDA	FECHA LÍMITE	RESPONSABLE	Semana 7: 04/11 - 10/11							Semana 8: 11/11 - 17/11							Semana 9: 11/11 - 17/11							CATEGORÍA RESTRICCIÓN
						Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom	
4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24							

MONTAJE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS															
	Montaje de torre c/escalera acceso														
	Verificar al 100% recepción materiales s/packing list.			31-oct-13	01-nov-13	Jefe Montaje									
	Indicar altura para soporte antena Mw.			31-oct-13	02-nov-13	Supervisor C.P.									
	Indicar orientación de soporte antenas pivotantes			31-oct-13	02-nov-13	Supervisor C.P.									
	Cuadrilla de montaje operativo en obra			31-oct-13	01-nov-13	Jefe Montaje									
	Instalación Luz de balizaje														
	Instalación cable pararrayos														
	Ensunchadora para fijación de cable a montante			05-nov-13	07-nov-13	Jefe Montaje									
	Armado de plataforma de equipos														
	Instalación de escalerillas rack horizontal														
	Fabricar tramo de escalerilla más proxima a torre			06-nov-13	08-nov-13	Habilitador Acero 2									
	Instalación de soporte antena MW 3mt en Far End														
	Solicitar autorización de ingreso a sitio Far End			31-oct-13	09-nov-13	Supervisor C.P.									
	Soporte Mw a instalar en torre Far End. Psto en obra.			31-oct-13	09-nov-13	Logistico Proveedor									

INSTALACIONES ELECTRICAS, ATERRAMIENTOS																				
Excavación de pozos a tierra																				
Contratar personal especialista en explosivos			02-nov-13	04-nov-13	Jefe Aterramiento															
Uso explosivos para fragmentar rocas .en excavación.			02-nov-13	04-nov-13	Jefe Aterramiento															
Construcción de pozos de tierra																				
Autorización a replanteo de 2 pozos a tierra			02-nov-13	05-nov-13	Jefe Aterramiento															
Construcción malla - Aterramientos																				
Relleno con tierra de chacra en malla																				
Instalación de Tablero Eléctrico																				
Tramitar envío a obra vertegua para tablero eléctrico			24-oct-13	05-nov-13	Supervisor C.P.								X							

LOOKAHEAD PLANNING: ACTIVIDAD/ RESTRICCIONES/ RECURSOS

Site:	CHUGAY	ID - Cand.:	TJ 6356	Model Site:	EBC_GF_TV_60
Longitud:	77° 52' 05,0"	Latitud:	07° 47' 37,1"	Altitud:	3698 m.s.n.m.
Dirección:	CERRO SAN FRANCISCO	Distrito:	CHUGAY	Provincia:	SANCHEZ CERRO
Dpto./Región:	LA LIBERTAD	Accesos:	ACARREO 55" DE PTO. INICIO	Fecha de elaboración:	09-nov-13

LOOKAHEAD CHUGAY. CONSTRUCCIÓN ZAPATAS PEDESTALES DE TORRE

DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD/ RESTRICCION/ RECURSOS	UND	CANT	FECHA REQUERIDA	FECHA LIMITE	RESPONSABLE	Semana 8: 11/11 - 17/11							Semana 9: 11/11 - 17/11							Semana10: 11/11 - 17/11							CATEGORÍA RESTRICCIÓN
						Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom	
						11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	

CONSTRUCCIÓN ZAPATAS PEDESTALES DE TORRE

Tarrajeo de pedestales																											
------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

LOOKAHEAD CHUGAY. CONSTRUCCIÓN DE CERCO PERÍMETRICO

DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD/ RESTRICCION/ RECURSOS	UND	CANT	FECHA REQUERIDA	FECHA LIMITE	RESPONSABLE	Semana 8: 11/11 - 17/11							Semana 9: 11/11 - 17/11							Semana10: 11/11 - 17/11							CATEGORÍA RESTRICCIÓN
						Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom	
						11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	

CONSTRUCCIÓN DE CERCO PERIMETRICO

Colocación de acero para sobrecimientos																												
Encofrado de sobrecimientos.																												
Vaciado de sobrecimientos.Desencofrado																												
Asentado de ladrillo																												
Operarios especialistas en asentado ladrillo caravista			09-nov-13	12-nov-13	Residente Subcontrata			X	X	X	X																	MO
Encofrado de columnas de cerco.																												
Vaciado de concreto en columnas.																												
Cemento Portland Tipo 1, (14.41 bols), Puesto en obra			01-nov-13	16-nov-13	Jefe Cuadrilla Albañil								X	X														HBA
Habilitación de acero para vigas VS-1 + Dintel																												
Colocación de acero para vigas																												
Encofrado de vigas superiores VS-1. Desencofrado																												
Vaciado de vigas superiores - dintel																												
Cemento Portland Tipo 1, (11.17 bols), Puesto en obra			09-nov-13	23-nov-13	Jefe Cuadrilla Albañil																X							MAT
Tarrajeo de superficie de columnas - vigas																												
Cemento Portland Tipo 1, (4.54 bols), Puesto en obra			09-nov-13	23-nov-13	Jefe Cuadrilla Albañil																X	X	X	X	X	X	X	MAT
Tarrajeo de zócalo																												
Cemento Portland Tipo 1, (3.29 bols), Puesto en obra			09-nov-13	23-nov-13	Jefe Cuadrilla Albañil																				X	X	X	MAT

LOOKAHEAD CHUGAY INSTALACIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS + SISTEMA DE ATERRAMIENTO Y ELECTRICO

DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD/ RESTRICCION/ RECURSOS	UND	CANT	FECHA REQUERIDA	FECHA LÍMITE	RESPONSABLE	Semana 8: 11/11 - 17/11							Semana 9: 11/11 - 17/11							Semana 10: 11/11 - 17/11							CATEGORÍA RESTRICCIÓN
						Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom	
						11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	

MONTAJE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS																											
Montaje de torre c/escalera acceso																											
Instalación Luz de balizaje																											
Instalación cable pararrayos																											
Ensanchadora para fijación de cable a montante			05-nov-13	13-nov-13	Jefe Montaje				X																		
Armado de plataforma de equipos																											
Instalación de escalerillas rack horizontal																											
Fabricar tramo de escalerilla más proxima a torre			06-nov-13	14-nov-13	Habilitador Acero 2					X																	
Instalación de soporte antena MW 3mt en Far End																											
Solicitar autorización de ingreso a sitio Far End			31-oct-13	14-nov-13	Supervisor C.P.						X																
Recoger soporte Mw del Far End. Poner en obra.			31-oct-13	15-nov-13	Logístico Proveedor						X																

SUB
TRD
DOC
SUB

INSTALACIONES ELECTRICAS, ATERRAMIENTOS																											
Construcción malla - Aterramientos																											
Relleno con tierra de chacra en malla																											
Instalación de Tablero Eléctrico																											
Recoger en ciudad verteaagua enviado desde Lima			24-oct-13	14-nov-13	Supervisor C.P.		X																				

PRV

TRABAJOS COMPLEMENTARIOS																											
Construcción de losa de ingreso																											
Instalación de Puerta de ingreso																											
Construcción de canaleta drenaje interior																											
Colocación del confililo																											
Compra y transporte de confililo a Obra			09-nov-13	25-nov-13	Residente Subcontrata																						
Instalación de concertina																											
Pintado de losa y muros.																											
Limpieza final de obra																											

MAT

## **APÉNDICE D**

### **PROGRAMACIÓN SEMANAL EN *LAST PLANNER SYSTEM***





PROGRAMACIÓN SEMANAL DE OBRA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Site: CUPISA												Semana del 07 Oct. al 12 Oct.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Ubicación: Cerro Ancahuiri, San Jerónimo, Andahuaylas, Apurímac.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Responsable: Supervisor C.P.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Fecha de control: 12 Oct.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
SECTOR	ACTIVIDAD	RESP	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sáb	% CUMPLIMIENTO			PPC (CUMPL)	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO										OBSERVACION - APRENDIZAJE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
			7	8	9	10	11	12	% COMP	% REAL	COORDINACIÓN, FALTA AGARRER.		DISEÑO ESPECIFICACIONES	MANO DE OBRA	MATERIALES	INSPECCIÓN, REHACER	MAQUINARIA Y EQUIPO	MEDIO AMBIENTE	DOCUMENTACIÓN	PROVEEDORES	SEGURIDAD - PROTECCIÓN	IMPREVISTOS, TRABAJO ADIC.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
CONSTRUCCIÓN ZAPATAS PEDESTALES DE TORRE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	Vaciado de concreto											s25%	25%	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				



PROGRAMACIÓN SEMANAL DE OBRA	
1	2
3	4
5	6
7	8
9	10
11	12
13	14
15	16
17	18
19	20
21	22
23	24
25	26
27	28
29	30
31	32
33	34
35	36
37	38
39	40
41	42
43	44
45	46
47	48
49	50
51	52
53	54
55	56
57	58
59	60
61	62
63	64
65	66
67	68
69	70
71	72
73	74
75	76
77	78
79	80
81	82
83	84
85	86
87	88
89	90
91	92
93	94
95	96
97	98
99	100

	PPL	(C)M	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO	Semana del 04 Nov. al 09 Nov.
Site: CHUGAY				

[illegible][illegible]

Fecha de control:	09 Nov.
-------------------	---------

Site: CHUGAY										Semana del 04 Nov. al 09 Nov.											
Ubicación: Cerro San Francisco, Chugay, Sanchez Cerro, La Libertad.																					
Responsable: Supervisor C.P.																					
Fecha de control: 09 Nov.																					
SECTOR	ACTIVIDAD	RESP	Ls	Ms	Jus	Vic	SA	PPC (CUM P)	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO										OBSERVACION - APRENDIZAJE		
			4	5	6	7	8	9	60%	COORDINACIÓN FALLAS/ACCIDENTES	DISEÑO ESPECIFICACIONES	MANO DE OBRA	MATERIALES	INSPECCIÓN REHACER	MAQUINARIA Y EQUIPO	MEDIO AMBIENTE	DOCUMENTACIÓN	PROVEEDORES	SEGURIDAD - E.P.P.	PREVIOS TRABAJOS ADJACENTES	
CONSTRUCCIÓN ZAPATAS PEDESTALES DE TORRE																					
	Vaciado de concreto								s25	25%	1										
	Reverendo con probador con material de excavación								100%	100%	1										
	Tarrajeo de pedestales								100%	80%	0					X					Condiciones climáticas adversas
CONSTRUCCIÓN DE CERCO PERIMETRICO																					
	Excavación de zanjas para cimientos								s50%	50%	1										
	Habilitación de acero para columnas								100%	100%	1										
	Plantado de columnas de cerco								100%	100%	1										
	Vaciado de cimiento corrido								100%	100%	1										
	Habilitación de acero para sobrecimientos								100%	100%	1										
	Colocación de acero para sobrecimientos								100%	75%	0	X		X							No se cumplió al 100% con tarea precedente.
	Encofrado de sobrecimientos.								100%	0%	0	X									Se tiene retrasos en acarreo de materiales a obra.
MONTAJE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS																					
	Montaje de torre /escalera acceso								100%	40%	0								X		No se cuenta con personal homologado para trabajo en altura.
INSTALACIONES ELECTRICAS, ATERRAMIENTOS																					
	Excavación de pozos a tierra								s20%	20%	1										
	Construcción de pozos de tierra								s40%	40%	1										
	Construcción malla - Aterramientos								s50%	40%	0	X									Se tienen elementos metálicos sin instalar por alerzar.
	Relleno con tierra de chacra en malla								s100%	0%	0	X									No se cumplió al 100% con tarea precedente.
												4		1	1						



**APÉNDICE E**  
**ACCIONES DE MEJORA**

APRENDIZAJE DE ACCIONES DE MEJORAMIENTO EN LA CONSTRUCCIÓN DE EBC			
PARTIDA	DESCRIPCION IMPREVISTOS	ACCIONES CORRECTIVAS	ACCIONES DE MEJORA
Soldado concreto f'c=100 kg/cm2	Propietario del terreno retrasó autorización de entrega para replanteo	A partir de la gestión del supervisor de obra se logró que el Presidente de la comunidad y sus delegados acordaran en asamblea dar en posesión al comunero afectado un terreno con área semejante en otro lugar de la comuna.	Este retraso debe señalarse como de responsabilidad contractual del cliente. Retraso que debe ser excusable y gastos compensables a favor de la contrata/subcontrata. El cliente debe garantizar contratos de arrendamiento saneados de los
Colocación de la armadura de acero	No hay existencias en zona de Fierro de $\phi$ 5/8" por 9,00 m.	Subcontrata asignó un encargado para cotizar y efectuar las compras de Fierro de $\phi$ 5/8" con urgencia en la ciudad más próxima a la comunidad rural, la cual se situaba a 4 horas del pueblo, para evitar mayores retrasos en	Personal de la subcontrata asignada deben tener conocimiento previo de las facilidades de abastecimiento de los recursos en la zona para asegurar los suministros de materiales según se requiera en la planificación.
Colocación de espárragos para pedestales	Falta limpieza de rebabas en hiladas de espárragos.	Se transportó los espárragos desde el site hasta un taller de soldadura ubicado en el pueblo para que se efectuara la limpieza de las rebabas en las hiladas de espárragos.	Realizar un exhaustivo control de calidad a los proveedores de elementos metálicos de torre y equipo antes de que estos se remitan al site. Estimular inspección sucesiva con gafas lean en el personal de campo.
Vaciado de concreto en losa de equipos	No se habilitó acero en la fecha programada.	Al tener que la productividad de la cuadrilla de habilitado de acero contratada (02 operarios + 01 oficial) era menor que la estimada. Hubo que contratar a otro oficial en habilitado de acero para mitigar el retraso de esta partida.	Cuadrilla de habilitado de acero debe conformarse por, 02 operarios + 01 oficial, con el rendimiento requerido y utilizar equipo portatil de sierra circular para corte de metales, en lugar de cizallas manuales.
Plantado de columnas de cerco	Nro. de estribos por columna no cumplía especificaciones.	Jefe de obra controló el cumplimiento de las especificaciones para el armado de columnas de cerco perimetrico.	Jefe de cuadrilla de habilitado de acero debe ser participe de las pull session semanales y fijar entre sus compromisos, como integrante del LPS ó sistema del último planificador, el cumplir con las especificaciones de armado de columnas.
Habilitación de acero para sobrecimientos	Bajo rendimiento de operarios.	Al tener que la productividad de la cuadrilla de habilitado de acero contratada (02 operarios + 01 oficial) era menor que la estimada. Hubo que contratar a otro oficial en habilitado de acero para mitigar el retraso de esta partida.	Cuadrilla de habilitado de acero debe conformarse por, 02 operarios + 01 oficial, con el rendimiento requerido y utilizar equipo portatil de sierra circular para corte de metales, en lugar de cizallas manuales.

PARTIDA	DESCRIPCION IMPREVISTOS	ACCIONES CORRECTIVAS	ACCIONES DE MEJORA
Excavación de pozos a tierra	Se retrasó entrega de planos sistema parres definitivo. La actividad no puede realizarse en la secuencia inicialmente planeada.	La resistividad del suelo real era mayor al que figuraba en el expediente técnico. Se comunicó al cliente de inmediato. Sin embargo el cliente causó retrasos excusables y no compensables a la subcontrata por la demora en la entrega de los nuevos planos del sistema de aterramiento.	Este retraso debe señalarse como de responsabilidad contractual del cliente, este retraso debe ser excusable y compensable a favor de la contrata/subcontrata. El cliente debe asumir los gastos que cause a la contrata/subcontrata por el período de espera de entrega de planos con especificaciones corregidas.
Construcción de pozos de tierra	Se retrasó entrega de planos sistema parres definitivo. La actividad no puede realizarse en la secuencia inicialmente planeada.	La resistividad del suelo real era mayor al que figuraba en el expediente técnico. Se comunicó al cliente de inmediato. Sin embargo el cliente causó retrasos excusables y no compensables a la subcontrata por la demora en la entrega de los nuevos planos del sistema de aterramiento.	Este retraso debe señalarse como de responsabilidad contractual del cliente, este retraso debe ser excusable y compensable a favor de la contrata/subcontrata. El cliente debe asumir los gastos que cause a la contrata/subcontrata por el período de espera de entrega de planos con especificaciones corregidas.
Vaciado de concreto	Pesimas condiciones climáticas. Aguaceros constantes. Progreso del trabajo es menor al planificado.	Se reportó al cliente de inmediato las condiciones climáticas adversas presentadas, para el reconocimiento del evento como retraso excusable.	Reportar al cliente de inmediato las condiciones climáticas adversas presentadas, para que sea reconocida la demora de la obra por esta causa como retraso excusable.
Compactado con material de excavación	No se utilizó compactadora en la actividad.	Supervisor de obra estableció que el Jefe de obra de la subcontrata realice la compactación según procedimiento, rehaciendo parte del trabajo, y alquilando la compactadora al municipio del lugar.	Jefe de Obra de la subcontrata debe ser participe de las pull session semanales y fijar entre sus compromisos, como integrante del LPS ó sistema del último planificador, el cumplir con el procedimiento y equipo de compactado de terreno.
Tarrajeo de pedestales	No se previó protección de trabajos bajo aguacero	Se hizo trabajos adicionales para reparar el tarrajeo de pedestales	En temporadas de condiciones climáticas adversas como aguaceros, granizadas etc. se debe prever la protección de los trabajos de acabados con material plástico u otro impermeable.
Encofrado de sobrecimientos. Desencofrado	Empleo de mano de obra no calificada para esta actividad.	Jefe de obra civil dispuso más personal para que apoye en el encofrado, siendo que en la zona no halló la mano de obra adecuada para ejecutar esta actividad.	Subcontrata es responsable contractualmente de ejecutar cada actividad del proceso constructivo empleando la mano de obra calificada, materiales y equipos adecuados para el cumplimiento de los procedimientos y especificaciones exigidas por el cliente.



PARTIDA	DESCRIPCION IMPREVISTOS	ACCIONES CORRECTIVAS	ACCIONES DE MEJORA
Vaciado de sobrecimientos	Progreso de trabajo es menor que el planificado al ejecutar trabajos bajo fuerte aguacero.	Se reportó al cliente de inmediato las condiciones climáticas adversas presentadas, para el reconocimiento del evento como retraso excusable. Como efecto normal de estas malas condiciones en el clima.	Reportar al cliente de inmediato las malas condiciones del clima presentadas, para el reconocimiento del evento como causa de retraso excusable y al progreso menor del trabajo planificado como efecto normal de estas condiciones adversas del clima.
Construcción de pozos a tierra	No se previno ejecución de trabajos bajo fuerte aguacero. Progreso de trabajo es menor que el planificado.	Se reportó al cliente de inmediato las condiciones climáticas adversas presentadas, para el reconocimiento del evento como retraso excusable.	En temporadas de condiciones climáticas adversas como aguaceros, granizadas etc. se debe prever la protección de la zona de trabajos de construcción de pozos a tierra con material plástico u otro impermeable para cumplir con el avance planificado y reportar de inmediato al cliente el imprevisto climático presentado.
Construcción malla - Aterramientos	Generador 3000 watts no es operativo sobre 3500 mt altura.	Subcontrata rentó un generador de 5000 watts en la zona comercial urbana más proxima al site, para efectuar las uniones soldadas que requiere el sistema Parres para los aterramientos de los diferentes elementos metálicos y en la malla principal.	En los sites rurales ubicados sobre los 3500 mt de altura se debe utilizar generador > 5000 watts de potencia para que opere adecuadamente el equipo de soldadura a utilizar en las uniones soldadas que requiere el sistema de aterramiento Parres.
Asentado de ladrillo	No se adecuó zona de trabajo bajo condiciones de fuerte aguacero. Progreso de trabajo es menor que el planificado.	Se reportó al cliente de inmediato las condiciones climáticas adversas presentadas, para el reconocimiento del evento como retraso excusable.	En temporadas de condiciones climáticas adversas como aguaceros, granizadas etc. se debe prever la protección de la zona de trabajos de asentado de ladrillo con materiales impermeables para cumplir con el avance planificado y reportar de inmediato el imprevisto presentado al cliente.
Habilitación de acero para vigas VS-1 + Dintel	Fallas en distribución de personal por Residente de Obra	Se exigió que el jefe de Obra utilice personal en horas extras para el avance de esta actividad.	En las sesiones semanales Pull sesion del LPS ó Sistema del Último Planificador, el Jefe de Obra de la Subcontrata debe analizar con su jefe de cuadrilla de habilitado de acero, las restricciones y los compromisos para ejecutar actividades viables en la programación semanal próxima.
Montaje de torre c/escalera acceso	Fuertes vientos y aguaceros impiden izaje de plataforma y montantes.	Se reportó al cliente las condiciones climáticas adversas presentadas, para el reconocimiento del evento como causa de retraso excusable, señalado en el Plan de S.T., al clasificarse como riesgo intolerable en el IPERC del personal de izaje.	Reportar al cliente de inmediato malas condiciones del clima en campo, para el reconocimiento del evento como causa de riesgo intolerable para la ejecución de la actividad. Esto según el IPERC del Plan SST aceptado por ambas partes como retraso excusable y compensable.

## **APÉNDICE F**

### **CARTA BALANCE. MEDICIONES OBTENIDAS**

Site	: CUPISA	Hora Inicio	: 08h30m
Ubicación	: Cerro Ancahuiri, San Jerónimo, Andahuaylas, Apurímac.	Hora Fin	: 11h09m
Proceso	: Mezclado para concreto 210 Kg/cm2	Intervalo	: 01 m
Carta Balance .Muestreador	: Supervisor C.P.	Fecha control	: 05 Oct

<div>M.O.</div> <div><div></div><div>Hora</div></div>	OPER. MEZC. 01	PEÓN 01	PEÓN 02	PEÓN 03
8:30:00	PPM	PCM	CAR	CAG
8:31:00	PPM	NDS	PCM	PCM
8:32:00	CDC	CCV	CCV	NTO
8:33:00	CDC	CAP	CAR	NTO
8:34:00	CDC	CAP	NTO	CCV
8:35:00	CII	NTO	NTO	CAC
8:36:00	PPM	PCM	CAR	NES
8:37:00	PPM	CAP	PCM	NMV
8:38:00	CII	CAP	NTO	CAG
8:39:00	CDC	CAP	NTR	NTO
8:40:00	CDC	CAP	CAR	CAC
8:41:00	PPM	PCM	PCM	CAG
8:42:00	PPM	CCV	CCV	PCM
8:43:00	CDC	CAP	CAR	CCV
8:44:00	CDC	CAP	NMV	CAC
8:45:00	NDS	NTO	CAR	CAG
8:46:00	CDC	NTO	NTO	NTO
8:47:00	NES	CAP	NTO	NTO
8:48:00	PPM	PCM	CAR	CAC
8:49:00	PPM	CCV	CCV	PCM
8:50:00	CII	CAP	NMV	NDS
8:51:00	CDC	CAP	NDS	CAC
8:52:00	NTO	NTO	NTO	NTO
8:53:00	PPM	PCM	NTO	PCM
8:54:00	PPM	CAP	PCM	CCV
8:55:00	CDC	CAP	NES	CAC
8:56:00	CDC	CII	CCV	NTO
8:57:00	CDC	NTO	NTO	NTO
8:58:00	PPM	CAP	CAR	CAG
8:59:00	PPM	PCM	CAR	CCV
9:00:00	CDC	CCV	NTO	NDS
9:01:00	CDC	NES	NDS	NTO
9:02:00	CDC	CAP	CAR	CAC
9:03:00	NES	NTO	NTO	NTO
9:04:00	COL	CAP	NTO	NTO
9:05:00	PPM	PCM	PCM	CAG
9:06:00	PPM	NDS	NTR	PCM
9:07:00	CDC	CCV	CAR	CAC
9:08:00	CDC	CAP	CAR	NTO
9:09:00	COL	CAP	COL	CII
9:10:00	NES	NTO	NTO	NTO
9:11:00	PPM	NTO	PCM	NTO
9:12:00	PPM	PCM	NTO	PCM
9:13:00	PPM	CAP	CAR	NDS
9:14:00	CDC	CAP	CAR	NTR
9:15:00	CDC	NTO	CAR	CAC
9:16:00	NES	CAP	NTO	NTO
9:17:00	PPM	PCM	NTO	NES
9:18:00	PPM	CCV	CCV	PCM
9:19:00	CDC	CAP	CAR	NMV
9:20:00	CDC	CAP	NMV	CAG
9:21:00	NTO	CAP	CAR	CAC
9:22:00	CDC	NTO	NTO	NTO
9:23:00	PPM	NMV	PCM	CAG
9:24:00	PPM	PCM	NTO	PCM
9:25:00	CDC	CAP	CAR	CCV
9:26:00	NTO	CAP	CII	NDS
9:27:00	CDC	NTO	CAR	CAG
9:28:00	PPM	PCM	NTO	NTO
9:29:00	PPM	CCV	PCM	CCV
9:30:00	NTR	CAP	CAR	CAC

TRABAJO PRODUCTIVO	
Cargar agregados-cemento-agua a mezcladora	PCM
Preparación mezcla de concreto	PPM

TRABAJO CONTRIBUTORIO	
Abastecer piedra chancada 1/2" a mezcladora (carret.)	CAP
Abastecer arena gruesa a mezcladora (carret.)	CAR
Abastecer cemento a mezcladora	CAC
Abastecer agua a mezcladora	CAG
Descargar concreto en carretillas	CDC
Inspección-instrucciones	CII
Ordenar-limpiar	COL

TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	
Esperas	NES
Descanso	NDS
Trabajo rehecho-reparar	NTR
Tiempo ocioso	NTO
Movilizaciones viajes	NMV



Site : CUPISA					Hora Inicio : 08h30m	
Ubicación : Cerro Ancahuiri, San Jerónimo, Andahuaylas, Apurímac.					Hora Fin : 11h09m	
Proceso : Mezclado para concreto 210 Kg/cm2					Intervalo : 01 m	
Carta Balance.Muestreador: Supervisor C.P.					Fecha control : 05 Oct	
9:31:00	CDC	CAP	CAR	NTO	TRABAJO PRODUCTIVO	
9:32:00	CDC	NTO	NES	NTO	Cargar agregados-cemento-agua a mezcladora	PCM
9:33:00	PPM	PCM	NTO	NES	Preparación mezcla de concreto	PPM
9:34:00	PPM	NDS	COL	PCM		
9:35:00	CDC	CAP	CAR	CAC	TRABAJO CONTRIBUTORIO	
9:36:00	CDC	CAP	CAR	NTO	Abastecer piedra chancada 1/2" a mezcladora (carret.)	CAP
9:37:00	CDC	CAP	NTR	NMV	Abastecer arena gruesa a mezcladora (carret.)	CAR
9:38:00	PPM	NTO	NTO	NTO	Abastecer cemento a mezcladora	CAC
9:39:00	PPM	PCM	CAR	CAG	Abastecer agua a mezcladora	CAG
9:40:00	PPM	NES	PCM	CCV	Descargar concreto en carretillas	CDC
9:41:00	CDC	CAP	NTR	NDS	Inspección-instrucciones	CII
9:42:00	CDC	CAP	CII	CAC	Ordenar-limpiar	COL
9:43:00	CDC	CAP	NDS	NTO	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	
9:44:00	NTR	NTO	CAR	NES	Esperas	NES
9:45:00	PPM	NTO	NTO	PCM	Descanso	NDS
9:46:00	PPM	PCM	CAR	NTR	Trabajo rehecho-reparar	NTR
9:47:00	CDC	CCV	NDS	NTO	Tiempo ocioso	NTO
9:48:00	CDC	CAP	CAR	CAG	Movilizaciones viajes	NMV
9:49:00	CDC	NTO	NTO	NTO		
9:50:00	PPM	CAP	CAR	PCM		
9:51:00	PPM	NDS	NMV	CCV		
9:52:00	CDC	CAP	CAR	NDS		
9:53:00	CDC	CAP	NDS	NTO		
9:54:00	CII	CAP	NTO	NTO		
9:55:00	PPM	NTO	PCM	CAC		
9:56:00	PPM	PCM	CAR	CCV		
9:57:00	CDC	CCV	CAR	NDS		
9:58:00	CDC	CAP	NTO	NTO		
9:59:00	NDS	NTO	CAR	NTO		
10:00:00	PPM	PCM	NTO	PCM		
10:01:00	PPM	CCV	PCM	CAG		
10:02:00	CII	CAP	CAR	CAC		
10:03:00	CDC	CAP	CAR	NTR		
10:04:00	CDC	NTO	NDS	NTO		
10:05:00	NES	NDS	NTO	NTO		
10:06:00	CDC	CAP	CAR	CII		
10:07:00	CDC	CAP	CAR	CAG		
10:08:00	PPM	NTO	PCM	NTO		
10:09:00	PPM	PCM	NTO	PCM		
10:10:00	CDC	CCV	CCV	CCV		
10:11:00	NTO	CAP	CAR	NDS		
10:12:00	NTO	NTO	NTO	NTO		
10:13:00	PPM	CAP	PCM	CAG		
10:14:00	PPM	CAP	NDS	PCM		
10:15:00	CDC	CAP	NTO	NTO		
10:16:00	CDC	NMV	CAR	CAC		
10:17:00	NES	CII	NTO	NMV		
10:18:00	PPM	COL	PCM	CAG		
10:19:00	PPM	NDS	CCV	PCM		
10:20:00	PPM	CAP	CII	CCV		
10:21:00	CDC	CAP	CAR	CAC		
10:22:00	CDC	CAP	CAR	CAG		
10:23:00	CDC	NTO	NDS	CII		
10:24:00	NMV	CCV	NTO	NDS		
10:25:00	PPM	CAP	PCM	CAG		
10:26:00	PPM	CAP	CCV	PCM		
10:27:00	CDC	NTO	CAR	COL		
10:28:00	CDC	CAP	CAR	NTO		
10:29:00	CDC	CAP	NTO	NTO		
10:30:00	PPM	NTO	PCM	CAG		
10:31:00	PPM	PCM	NTO	PCM		
10:32:00	CDC	NDS	CCV	CCV		
10:33:00	CII	CAP	CAR	NDS		
10:34:00	CDC	CAP	CAR	CAC		

Site	: CUPISA	Hora Inicio	: 08h30m
Ubicación	: Cerro Ancahuiri, San Jerónimo, Andahuaylas, Apurímac.	Hora Fin	: 11h09m
Proceso	: Mezclado para concreto 210 Kg/cm2	Intervalo	: 01 m
Carta Balance.Muestreador:	Supervisor C.P.	Fecha control	: 05 Oct

10:35:00	NMV	CAP	NTO	NTO	TRABAJO PRODUCTIVO	
10:36:00	PPM	NTO	PCM	CAG	Cargar agregados-cemento-agua a mezcladora	PCM
10:37:00	PPM	PCM	NES	PCM	Preparación mezcla de concreto	PPM
10:38:00	CDC	CCV	CAR	CAC		
10:39:00	CDC	CAP	NDS	NTO	TRABAJO CONTRIBUTIVO	
10:40:00	CDC	CAP	CAR	CAC	Abastecer piedra chancada 1/2" a mezcladora (carret.)	CAP
10:41:00	CII	NTO	NTO	NTO	Abastecer arena gruesa a mezcladora (carret.)	CAR
10:42:00	PPM	CAP	PCM	CAG	Abastecer cemento a mezcladora	CAC
10:43:00	PPM	CAP	NTO	PCM	Abastecer agua a mezcladora	CAG
10:44:00	CDC	CAP	CCV	CAG	Descargar concreto en carretillas	CDC
10:45:00	CDC	NTO	NDS	NTO	Inspección-instrucciones	CII
10:46:00	PPM	PCM	CII	CAG	Ordenar-limpiar	COL
10:47:00	PPM	CAP	CAR	PCM	TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	
10:48:00	CDC	CAP	CAR	CCV	Esperas	NES
10:49:00	NDS	NTO	NES	NDS	Descanso	NDS
10:50:00	PPM	PCM	NTO	NTO	Trabajo rehecho-reparar	NTR
10:51:00	PPM	CCV	PCM	CAC	Tiempo ocioso	NTO
10:52:00	CDC	CAP	CCV	NTO	Movilizaciones viajes	NMV
10:53:00	CDC	NMV	CAR	CII		
10:54:00	CDC	NDS	CAR	CAC		
10:55:00	PPM	PCM	NTO	CAG		
10:56:00	PPM	NDS	PCM	NTO		
10:57:00	CDC	CAP	CCV	COL		
10:58:00	CDC	CAP	CAR	CAG		
10:59:00	NTO	NTO	NTO	NTO		
11:00:00	PPM	NTO	PCM	CAC		
11:01:00	PPM	CCV	CCV	PCM		
11:02:00	CII	CAP	NTO	NTO		
11:03:00	CDC	CAP	NDS	NTO		
11:04:00	NTR	NTO	CAR	CAC		
11:05:00	PPM	PCM	NTO	NTO		
11:06:00	PPM	NDS	PCM	CAG		
11:07:00	CDC	CAP	NMV	NMV		
11:08:00	CDC	COL	CAR	CAG		
11:09:00	COL	COL	COL	COL		

Site	: CUPISA	Hora Inicio	: 08h30m
Ubicación	: Cerro Ancahuiri, San Jerónimo, Andahuaylas, Apurímac.	Hora Fin	: 11h09m
Proceso	: Vaciado de concreto 210 Kg/cm2	Intervalo	: 01 m
Carta Balance. Muestreador	: Supervisor C.P.	Fecha control	: 05 Oct

MO	JEFE OBRA	OFICIAL 01	PEÓN 04	PEÓN 05	PEÓN 06
Hora					
8:30:00	NES	CMV	CRC	CRC	NTO
8:31:00	NMV	CII	CTC	CTC	CRC
8:32:00	CEV	NTO	PVC	PVC	NES
8:33:00	CMV	NTO	CCV	CCV	PVC
8:34:00	PVB	NTO	CTC	NES	CCV
8:35:00	PEC	NTO	NTO	CTC	NTO
8:36:00	PEC	NTO	CRC	CII	NTO
8:37:00	PEC	COL	CTC	CTC	CRC
8:38:00	CII	NTO	PVC	PVC	CTC
8:39:00	PVB	CCV	CCV	NTO	PVC
8:40:00	PEC	NTO	NTO	NTO	CII
8:41:00	NTO	NES	CRC	CRC	NTO
8:42:00	PEC	CRC	CTC	NTO	CRC
8:43:00	CMV	NMV	PVC	PVC	CTC
8:44:00	PVC	NTO	CCV	CCV	PVC
8:45:00	PVB	NTO	CTC	NTO	CCV
8:46:00	PEC	NTO	CRT	CTC	NTO
8:47:00	PEC	NTR	NES	NDS	CII
8:48:00	NES	CII	CRC	CRC	NTO
8:49:00	NDS	CRC	CTC	CTC	NTO
8:50:00	CMV	NTO	PVC	PVC	NES
8:51:00	PVB	NTO	COL	CCV	NTO
8:52:00	PEC	NTO	NES	NTO	NDS
8:53:00	PEC	NES	CRC	NTO	CRC
8:54:00	PEC	NTO	CTC	CRC	CTC
8:55:00	CII	NTO	CII	PVC	PVC
8:56:00	PVB	NTO	NTO	CCV	CCV
8:57:00	CEV	CCV	NTO	COL	NTO
8:58:00	CMV	CMV	CRC	CRC	NTO
8:59:00	NTR	CRC	CTC	NES	CRC
9:00:00	CRT	NTO	PVC	CTC	NES
9:01:00	PVC	NTO	CCV	CCV	NTO
9:02:00	PEC	NTO	NTO	CTC	NTO
9:03:00	PEC	NMV	CTC	NTO	NTO
9:04:00	PEC	COL	NES	CTC	NTO
9:05:00	NES	CMV	CRC	CRC	NTO
9:06:00	NDS	CRC	CTC	NTO	NTO
9:07:00	CII	NMV	PVC	CTC	COL
9:08:00	PEC	NMV	CCV	PVC	NES
9:09:00	PVB	COL	NTO	CCV	NTO
9:10:00	PEC	CEV	NTO	NTO	NMV
9:11:00	PEC	CMV	CRC	NES	CRC
9:12:00	PEC	CRT	NMV	CRC	CTC
9:13:00	NTR	CRC	CTC	CTC	PVC
9:14:00	CII	COL	NDS	PVC	CCV
9:15:00	PVB	NDS	CTC	CCV	NTO
9:16:00	PEC	NTO	NES	NTO	NDS
9:17:00	NES	NES	CRC	CRC	NTO
9:18:00	NDS	CRC	NTO	NMV	NTO
9:19:00	PEC	CRT	PVC	COL	NES
9:20:00	PVB	NDS	CCV	PVC	NTO
9:21:00	CMV	NTO	NTO	CCV	NTO
9:22:00	PEC	NTO	CTC	NES	NTO
9:23:00	PEC	CTC	CRC	CRC	COL
9:24:00	NMV	NMV	CTC	CTC	CTC
9:25:00	CII	CRT	CII	PVC	PVC

TRABAJO PRODUCTIVO	
Vaciar concreto c/ carretilla.	PVC
Esparcir concreto c/ pala.	PEC
Vibrado de concreto por inmersión.	PVB

TRABAJO CONTRIBUTORIO	
Recepción de concreto en carretilla	CRC
Transportar concreto en carretilla a sitio de zapata	CTC
Encender vibrador para inicio/reinicio de trabajo	CEV
Movilizar vibrador de inmersión	CMV
Trasladar carretilla vacía a regreso sitio de carga	CCV
Inspección-instrucciones	CII
Reubicar tablas-canaletas para encausar vaciado	CRT
Ordenar-limpiar	COL

TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	
Esperas	NES
Descanso	NDS
Trabajo rehecho-reparar	NTR
Tiempo ocioso	NTO
Movilizaciones viajes	NMV

Site	: CUPISA	Hora Inicio	: 08h30m
Ubicación	: Cerro Ancahuiri, San Jerónimo, Andahuaylas, Apurímac.	Hora Fin	: 11h09m
Proceso	: Vaciado de concreto 210 Kg/cm <sup>2</sup>	Intervalo	: 01 m
Carta Balance. Muestreador	: Supervisor C.P.	Fecha control	: 05 Oct

9:26:00	PVB	NTO	NTO	CCV	CCV	TRABAJO PRODUCTIVO	
9:27:00	PEC	NTO	CTC	NDS	NTO	Vaciar concreto c/ carretilla.	PVC
9:28:00	CMV	NES	CRC	CRC	NTO	Esparcir concreto c/ pala.	PEC
9:29:00	PVC	CRC	NTO	CTC	NTO	Vibrado de concreto por inmersión.	PVB
9:30:00	CRT	CRT	PVC	PVC	CRC		
9:31:00	PEC	PVC	CCV	CCV	CTC	TRABAJO CONTRIBUTORIO	
9:32:00	PEC	CCV	NTO	NDS	CII	Recepción de concreto en carretilla	CRC
9:33:00	NES	NTO	CRC	CTC	CRT	Transportar concreto en carretilla a sitio de zapata	CTC
9:34:00	PVB	CRT	NTO	NTO	CTC	Encender vibrador para inicio/reinicio de trabajo	CEV
9:35:00	PEC	CTC	PVC	CCV	PVC	Movilizar vibrador de inmersión	CMV
9:36:00	CII	PVC	CCV	NTO	CCV	Trasladar carretilla vacía a regreso sitio de carga	CCV
9:37:00	PEC	NTO	CTC	CTC	NTO	Inspección-instrucciones	CII
9:38:00	PEC	NMV	CRC	CCV	NTO	Reubicar tablas-canaletas para encausar vaciado	CRT
9:39:00	NTR	CTC	NTR	CRC	NTO	Ordenar-limpiar	COL
9:40:00	CMV	NTO	CTC	NTO	CTC		
9:41:00	PVC	NES	CTC	PVC	NES	TRABAJO NO CONTRIBUTORIO	
9:42:00	PVB	CII	NTO	CCV	CCV	Esperas	NES
9:43:00	PEC	NTO	COL	NDS	NTO	Descanso	NDS
9:44:00	NDS	NTO	NES	CTC	NTO	Trabajo rehecho-reparar	NTR
9:45:00	PEC	NTO	CRC	NTO	NTO	Tiempo ocioso	NTO
9:46:00	NMV	CRT	CTC	CTC	NTO	Movilizaciones viajes	NMV
9:47:00	CMV	NTO	PVC	NDS	NES		
9:48:00	CII	NTO	CCV	PVC	CCV		
9:49:00	PVB	NMV	NTO	CCV	NTO		
9:50:00	NES	CRT	CRC	NES	NTO		
9:51:00	PEC	CII	CTC	CRC	NMV		
9:52:00	PEC	CTC	CII	NTO	CTC		
9:53:00	PEC	PVC	NDS	PVC	NES		
9:54:00	NTO	NTO	CTC	CCV	NTO		
9:55:00	PVB	CII	CRC	NTO	NTO		
9:56:00	PEC	NTO	NTO	CRC	CRC		
9:57:00	PEC	CEV	CTC	CTC	NTO		
9:58:00	PEC	CRT	NTO	PVC	PVC		
9:59:00	CMV	NDS	NTO	CCV	CCV		
10:00:00	PVB	NTO	CRC	NES	NTO		
10:01:00	NES	COL	CTC	CRC	NTO		
10:02:00	PEC	NTR	PVC	CTC	NES		
10:03:00	CII	NES	CCV	PVC	CTC		
10:04:00	PEC	NTO	CTC	CCV	NTO		
10:05:00	PVB	NTO	NTR	NTO	CCV		
10:06:00	NTR	NTO	CCV	CTC	NTO		
10:07:00	PEC	NMV	NES	NMV	CII		
10:08:00	PEC	NES	CTC	NES	NTO		
10:09:00	PEC	CII	COL	CRC	NTO		
10:10:00	NTO	CTC	PVC	NTO	NES		
10:11:00	CEV	PVC	CCV	CTC	NMV		
10:12:00	CMV	CCV	CTC	NTO	NTO		
10:13:00	PVB	NTO	NTO	CRC	NTO		
10:14:00	PEC	NTO	CRC	NTO	NTO		
10:15:00	NTO	CRT	CTC	CRT	CTC		
10:16:00	PEC	CII	PVC	NES	NES		
10:17:00	PVC	NTO	CCV	PVC	CTC		
10:18:00	NES	NES	CRC	CCV	NTO		
10:19:00	PVB	CRC	NTO	CII	NTO		
10:20:00	CII	CRT	PVC	CTC	CRC		
10:21:00	CMV	NTO	CCV	PVC	CTC		
10:22:00	PVB	NES	CTC	CCV	PVC		
10:23:00	PEC	CRT	NTO	CTC	CCV		
10:24:00	PEC	CRT	CTC	NES	CII		

Site	: CUPISA	Hora Inicio	: 08h30m
Ubicación	: Cerro Ancahuiri, San Jerónimo, Andahuaylas, Apurímac.	Hora Fin	: 11h09m
Proceso	: Vaciado de concreto 210 Kg/cm2	Intervalo	: 01 m
Carta Balance. Muestreador	: Supervisor C.P.	Fecha control	: 05 Oct

10:25:00	NMV	CRT	CRC	CRC	NTO
10:26:00	PEC	CRC	NTO	NTO	NDS
10:27:00	PEC	NDS	PVC	CTC	NES
10:28:00	NTO	PVC	CCV	NTO	CTC
10:29:00	CMV	NTO	NES	NTO	CII
10:30:00	PVB	CRT	CRC	CCV	NTO
10:31:00	NES	CRC	CTC	NTO	NTO
10:32:00	PEC	CTC	PVC	CTC	NES
10:33:00	PEC	PVC	CCV	NTO	CTC
10:34:00	COL	CCV	NDS	NTO	NDS
10:35:00	PVB	NTO	COL	NES	NTO
10:36:00	CMV	CRT	CRC	CRC	NTO
10:37:00	NTO	CRC	CTC	CTC	NTO
10:38:00	PEC	CEV	NMV	PVC	CTC
10:39:00	PEC	PVC	NTO	CCV	NTO
10:40:00	PEC	NES	CTC	NTO	NTO
10:41:00	NTO	CTC	NES	CTC	NTO
10:42:00	NTO	CRT	CRC	NES	NTO
10:43:00	NTO	CEV	CTC	CRC	CRC
10:44:00	CII	CEV	PVC	NTO	PVC
10:45:00	CMV	PVC	CCV	CTC	CCV
10:46:00	PVB	CCV	CRC	CCV	NTO
10:47:00	PEC	CRC	NTO	CTC	NTO
10:48:00	PEC	NTO	NTO	PVC	NTO
10:49:00	PEC	CRT	NTO	CCV	NTO
10:50:00	NES	CRT	CRC	CRC	NTO
10:51:00	PEC	CRT	CTC	NTO	NDS
10:52:00	PEC	NES	PVC	CTC	NTO
10:53:00	PEC	PVC	CCV	NTO	NTO
10:54:00	PVB	NTO	NTO	CTC	NTO
10:55:00	NTO	CTC	CRC	CII	NTO
10:56:00	PEC	NTO	NDS	CTC	CRC
10:57:00	PEC	NTO	CTC	PVC	NTO
10:58:00	PEC	CII	NTO	COL	PVC
10:59:00	CMV	PVC	NES	CCV	CCV
11:00:00	PVB	NTO	CRC	CRC	NTO
11:01:00	PVB	NTO	NTO	CTC	CRC
11:02:00	PEC	CEV	PVC	CTC	NTO
11:03:00	PEC	PVC	CCV	NTO	NTO
11:04:00	PEC	NDS	NES	CCV	NTO
11:05:00	PVB	NTO	CRC	CRC	NTO
11:06:00	NTO	CRC	NMV	CTC	NMV
11:07:00	PEC	CTC	PVC	PVC	NTO
11:08:00	NTO	NTO	CCV	COL	COL
11:09:00	COL	NTO	COL	COL	COL

TRABAJO PRODUCTIVO	
Vaciar concreto c/ carretilla.	PVC
Esparcir concreto c/ pala.	PEC
Vibrado de concreto por inmersión.	PVB

TRABAJO CONTRIBUTIVO	
Recepción de concreto en carretilla	CRC
Transportar concreto en carretilla a sitio de zapata	CTC
Encender vibrador para inicio/reinicio de trabajo	CEV
Movilizar vibrador de inmersión	CMV
Trasladar carretilla vacía a regreso sitio de carga	CCV
Inspección-instrucciones	CII
Reubicar tablas-canaletas para encausar vaciado	CRT
Ordenar-limpiar	COL

TRABAJO NO CONTRIBUTIVO	
Esperas	NES
Descanso	NDS
Trabajo rehecho-reparar	NTR
Tiempo ocioso	NTO
Movilizaciones viajes	NMV